



**Universidad
Zaragoza**

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Diseño y desarrollo de una herramienta
informática para la realización de análisis de
ciclo de vida en equipos HVAC

Design and development of a program for the
life cycle assessment of HVAC products

Autora

María José Vijuesca Martínez

Director

Carlos Monné Bailo

Dpto. de Ingeniería Mecánica

Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA)

Zaragoza, Septiembre de 2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D^a. María José Vijuesca Martínez,

con nº de DNI 72893506C en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster) Máster _____, (Título del Trabajo)

Diseño y desarrollo de una herramienta informática para la realización de
análisis de ciclo de vida en equipos HVAC

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 20 de Septiembre de 2018

Fdo: María José Vijuesca Martínez

Diseño y desarrollo de una herramienta informática para la realización de análisis de ciclo de vida en equipos HVAC

Resumen

En un contexto mundial en el que los gobiernos y organizaciones internacionales han centrado sus esfuerzos en disminuir el cambio climático, así como el consumo de recursos, el sector de la climatización se posiciona como uno de los principales consumidores de energía.

Actualmente, se ha potenciado y desarrollado el uso del “Análisis de Ciclo de Vida” (ACV) como herramienta de gestión medioambiental para estudiar los impactos causados por un producto o servicio durante todo su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas a su gestión como residuo.

El ACV es una metodología iterativa regulada por la normativa ISO 14040 e ISO 14044 que consta de cuatro fases principales: la definición del objetivo y el alcance del estudio, el análisis de inventario, la evaluación de los impactos ambientales y la interpretación de resultados.

Debido a su propia definición, dicha metodología se caracteriza por el uso intensivo de datos e incluso de recursos para su determinación. Lo que ha llevado a la creación de diversas bases de datos que recogen los datos de inventario de los procesos más empleados en la industria. Asimismo, también existen herramientas informáticas para el cálculo de los impactos ambientales conforme a las metodologías de evaluación de impacto aceptadas por la comunidad científica.

Sin embargo, la mayoría de estas herramientas y bases de datos no son de acceso libre, ni están adaptadas al análisis de productos concretos. Por ello, se ha diseñado una herramienta en VBA (*Visual Basic for Applications*) para la realización de ACV en equipos HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*). Este programa consta de una sencilla interfaz, de manera que pueda ser utilizado sin problema por personal no especializado en el tema, e incluye la base de datos de la Unión Europea, tanto para la cuantificación de procesos de la fase de análisis de inventario como para el cálculo de los impactos ambientales.

Esta herramienta se ha empleado para la realización del ACV de dos unidades deshumidificadoras diseñadas para un mismo proyecto, una con recuperación de calor y otra sin recuperación de calor, lo que además ha permitido comprobar su robustez y analizar el impacto de dos alternativas HVAC actualmente en el mercado.

El estudio ha corroborado que, en ambos casos, los mayores impactos ambientales se deben al consumo eléctrico de los equipos durante su uso. Sin embargo, la deshumidificadora con recuperación de calor provoca aproximadamente entre un 10 y un 20 % menos de impacto ambiental, exceptuando a las categorías de radiación ionizante y disminución de ozono.

Los datos empleados en la realización de estos estudios se han considerado suficientes por ser empleados de forma comparativa. Sin embargo, estos estudios podrían ser ampliados realizando un estudio detallado de los componentes del equipo de los que no se han podido obtener datos específicos, como ventiladores, filtros, intercambiadores de calor y las unidades exteriores VRF, o considerando en detalle la etapa de fin de vida de las deshumidificadoras.

Contenido

Índice de Tablas.....	9
Índice de Figuras	11
Índice de Imágenes	12
Capítulo 1.- Introducción.....	13
1.1. Motivación	13
1.2. Objetivo	13
1.3. Alcance	13
Capítulo 2.- Conceptos Básicos del Análisis de Ciclo de Vida (ACV).....	14
2.1. Definición de Análisis de Ciclo de Vida.....	14
2.2. Metodología del Análisis de Ciclo de Vida	15
2.2.1. Fase 1: Definición del objetivo y alcance	15
2.2.2. Fase 2: Análisis de inventario (ICV)	16
2.2.3. Fase 3: Evaluación del impacto ambiental (EICV)	19
2.2.4. Fase 4: Interpretación de los resultados	24
2.3. Herramientas para la realización de Análisis de Ciclo de Vida.....	25
2.3.1. Bases de datos para ACV	25
2.3.2. Software para ACV	27
Capítulo 3.- Diseño de una herramienta en VBA para la realización de ACV en equipos HVAC. 31	
3.1. Presentación del programa	31
3.2. Estructura del programa	33
3.2.1. Interfaz de usuario	33
3.2.2. Gestión de la BBDD	36
3.2.3. Variable “Type” para el almacenamiento de datos	38
3.3. Manual de usuario. Ejemplo guiado	39
Capítulo 4.- Análisis del ciclo de vida de dos deshumidificadoras	44
4.1. Definición del objetivo y alcance.....	44
4.1.1. Objetivo	44
4.1.2. Alcance	44
4.2. Análisis de inventario	47
4.2.1. Materiales	47
4.2.2. Energía.....	50
4.2.3. Transporte	51
4.2.4. Fin de vida	51

4.3.	Evaluación de los impactos ambientales del ciclo de vida	52
4.4.	Interpretación de los resultados	53
4.4.1.	Resultados deshumidificadora sin recuperador aire-aire	53
4.4.2.	Resultados deshumidificadora con recuperador aire-aire.....	55
4.4.3.	Comparación de los resultados de las deshumidificadoras	57
Capítulo 5.- Análisis de los resultados.....		58
5.1.	Evaluación de la calidad de los datos.....	58
5.2.	Análisis de integridad	59
5.3.	Análisis de coherencia.....	60
Capítulo 6.- Conclusiones		61
Bibliografía		62
Anexo I.- Categorías de impacto		68
1.1.	Categorías de impacto.....	68
1.1.1.	Cambio climático/ Climate change.....	68
1.1.2.	Acidificación/ Acidification.....	68
1.1.3.	Degradación de la capa de ozono/ Ozone layer depletion	68
1.1.4.	Oxidación fotoquímica/ Photochemical ozone creation potential	69
1.1.5.	Eutrofización/ Eutrophication	69
1.1.6.	Ecotoxicidad/ Ecotoxicity	69
1.1.7.	Toxicidad humana/ Human toxicity	69
1.1.8.	Radiación ionizante/ Ionising radiation.....	70
1.1.9.	Partículas inorgánicas/ Particulate matter.....	70
1.1.10.	Disminución de recursos/ Depletion of abiotic resources	70
1.1.11.	Uso del suelo/ Land use	70
1.2.	Puntos de evaluación “midpoint” y “endpoint” de las categorías de impacto.....	71
Anexo II.- Metodologías de caracterización de impactos		72
2.1.	CML 2002.....	72
2.2.	Cumulative Energy Demand (CED).....	72
2.3.	Ecological Scarcity Method (Ecopoints 2006)	73
2.4.	ILCD 2011.....	74
2.5.	ReCiPe.....	75
2.6.	TRACI	76
2.7.	USEtox	77
Anexo III.- Métodos para la evaluación del análisis de sensibilidad		78
3.1.	Método de Montecarlo	78
3.2.	Método según orientaciones del IPCC	79

3.3. Métodos manuales: recomendación de la norma ISO 14044:2006.....	80
Anexo IV.- Base de Datos de Inventario de Ciclo de Vida ELCD	81
Anexo V.- Base de Datos de Evaluación de Impactos ELCD	103
Anexo VI.- Código de la estructura de datos “Type” creada.....	110
Anexo VII.- Diagrama de flujo de las deshumidificadoras.....	114
Anexo VIII.- Ficha técnica de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire.....	115
Anexo IX.- Ficha técnica de la deshumidificadora con recuperador aire-aire	121
Anexo X.- Consideraciones de cálculo en el consumo de la VRF	129
Anexo XI.- Resultados del ACV de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire	132
Anexo XII.- Resultados del ACV de la deshumidificadora con recuperador aire-aire	136

Índice de Tablas

TABLA 1. MATRIZ DE PEDIGRÍ CON 5 INDICADORES DE CALIDAD [14].....	19
TABLA 2. PRINCIPALES CATEGORÍAS DE IMPACTO JUNTO CON SUS INDICADORES [13], [2].....	21
TABLA 3. PRINCIPALES METODOLOGÍAS DE CARACTERIZACIÓN Y SUS CATEGORÍAS DE IMPACTO [15], [16]	22
TABLA 4. BASES DE DATOS DISPONIBLES PARA LA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE ACV [8], [13], [19], [20], [21]	26
TABLA 5. SOFTWARE PARA ESTUDIOS DE ACV COMPLETO [8], [2], [29]	28
TABLA 6. DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES INCLUIDOS Y EXCLUIDOS EN EL INVENTARIO DE CICLO DE VIDA DE LAS DESHUMIDIFICADORAS	46
TABLA 7. ENTRADAS DE MATERIALES DE LA DESHUMIDIFICADORA SIN RECUPERADOR AIRE-AIRE	48
TABLA 8. ENTRADAS DE MATERIALES DE LA DESHUMIDIFICADORA CON RECUPERADOR AIRE-AIRE	49
TABLA 9. CONSUMOS DE ENERGÍA CONSIDERADOS EN EL ACV DE LAS DESHUMIDIFICADORAS...	50
TABLA 10. MATRIZ DE PEDIGRÍ PARA EL ACV DE LAS DESHUMIDIFICADORAS	58
TABLA 11. VERIFICACIÓN DEL ANÁLISIS DE INTEGRIDAD	59
TABLA 12. CATEGORÍAS DE IMPACTO CONSIDERADAS POR EL MÉTODO CML (BASELINE) [16]..	72
TABLA 13. CATEGORÍAS DE IMPACTO INCLUIDAS EN EL MÉTODO CUMULATIVE ENERGY DEMAND [16]	73
TABLA 14. CATEGORÍAS DE IMPACTO CONSIDERADAS POR EL MÉTODO ECOLOGICAL SCARCITY METHOD [16]	73
TABLA 15. MÉTODOS RECOMENDADOS PARA EL CÁLCULO DE LAS CATEGORÍAS DE IMPACTO POR EL ESTUDIO ILCD2011 [48]	74
TABLA 16. CATEGORÍAS DE IMPACTO CONSIDERADAS EN EL MÉTODO ReCiPe MIDPOINT [16]..	75
TABLA 17. CATEGORÍAS DE IMPACTO CONSIDERADAS EN EL MÉTODO ReCiPe ENDPOINT [16]..	76
TABLA 18. CATEGORÍAS DE IMPACTO INCLUIDAS EN TRACI [16]	76
TABLA 19. CATEGORÍAS DE IMPACTO QUE INCLUYE EL MÉTODO USETOX [16].....	77
TABLA 20. VERIFICACIÓN DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA INCERTIDUMBRE DE LOS DATOS [10]	80
TABLA 21. PROCESOS QUE CONTIENE LA BBDD ELCD [18].....	81
TABLA 22. TIPOS DE DATOS EMPLEADOS EN LA DEFINICIÓN DE CADA ELEMENTO	110

TABLA 23. CONDICIONES GENERALES DEL LOCAL	130
TABLA 24. CERRAMIENTOS DEL LOCAL	130
TABLA 25. CARACTERÍSTICAS EQUIPO VERSIÓN CON AIRE-AIRE	131
TABLA 26. CARACTERÍSTICAS EQUIPO VERSIÓN SIN AIRE-AIRE.....	131
TABLA 27. RESULTADOS DE IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN COMPONENTES DE LA DESHUMIDIFICADORA SIN RECUPERADOR AIRE-AIRE	133
TABLA 28. RESULTADOS DE IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN FASES DEL CICLO DE VIDA DE LA DESHUMIDIFICADORA SIN RECUPERADOR AIRE-AIRE	134
TABLA 29. RESULTADOS DE IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN RECURSOS EMPLEADOS EN EL CICLO DE VIDA DE LA DESHUMIDIFICADORA SIN RECUPERADOR AIRE-AIRE	135
TABLA 30. RESULTADOS DE IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN COMPONENTES DE LA DESHUMIDIFICADORA CON RECUPERADOR AIRE-AIRE	137
TABLA 31. RESULTADOS DE IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN FASES DEL CICLO DE VIDA DE LA DESHUMIDIFICADORA CON RECUPERADOR AIRE-AIRE	138
TABLA 32. RESULTADOS DE IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN RECURSOS EMPLEADOS EN LA DESHUMIDIFICADORA CON RECUPERADOR AIRE-AIRE	139

Índice de Figuras

FIGURA 1. CONCEPTO DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV) [8]	14
FIGURA 2. ETAPAS DE UN ACV [9]	15
FIGURA 3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA FASE DE ANÁLISIS DE INVENTARIO [13]	17
FIGURA 4. ELEMENTOS DE LA FASE EICV [9]	20
FIGURA 5. RELACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA FASE DE INTERPRETACIÓN CON LAS OTRAS FASES DEL ACV [10].....	25
FIGURA 6. ESQUEMA CONCEPTUAL DE UN PROCESO DE ACV [8]	26
FIGURA 7. ESQUEMA FUNCIONAL DEL PROGRAMA.....	32
FIGURA 8. ESQUEMA FUNCIONAL DE LA BBDD	38
FIGURA 9. ESQUEMA FUNCIONAL DE LA ESTRUCTURA DEL TIPO DE DATO CREADO	39
FIGURA 10. ACTIVIDADES Y ETAPAS INCLUIDAS EN EL ACV DE LAS DESHUMIDIFICADORAS	45
FIGURA 11. GRÁFICA IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS FASES DE CICLO DE VIDA DE LA DESHUMIDIFICADORA SIN RECUPERADOR AIRE-AIRE	53
FIGURA 12. GRÁFICA IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS COMPONENTES DE LA DESHUMIDIFICADORA SIN RECUPERADOR AIRE-AIRE	54
FIGURA 13. GRÁFICA IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS FASES DE CICLO DE VIDA DE LA DESHUMIDIFICADORA CON RECUPERADOR AIRE-AIRE	55
FIGURA 14. GRÁFICA IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS COMPONENTES DE LA DESHUMIDIFICADORA CON RECUPERADOR AIRE-AIRE	56
FIGURA 15. GRÁFICA COMPARACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS DOS EQUIPOS.....	57
FIGURA 16. ESQUEMA DE LAS RELACIONES ENTRE INTERVENCIONES AMBIENTALES, IMPACTOS DE EFECTOS INTERMEDIOS "MIDPOINTS", IMPACTOS DE EFECTOS FINALES "ENDPOINTS" Y ÁREAS DE PROTECCIÓN [46]	71

Índice de Imágenes

IMAGEN 1. ESTRUCTURA DE LA VENTANA PRINCIPAL DEL PROGRAMA	33
IMAGEN 2. VENTANA DE CÁLCULO.....	34
IMAGEN 3. VENTANA DE AYUDA DEL MÓDULO PRINCIPAL	35
IMAGEN 4. VENTANA DE INICIO DEL PROGRAMA	39
IMAGEN 5. MENÚ PRINCIPAL DEL PROGRAMA	40
IMAGEN 6. PROCEDIMIENTO DE INTRODUCCIÓN DE COMPONENTES EN EL PROGRAMA	40
IMAGEN 7. PROCEDIMIENTO DE INTRODUCCIÓN DE LOS DATOS DE INVENTARIO DE CICLO DE VIDA	41
IMAGEN 8. VENTANA DE CÁLCULO.....	42
IMAGEN 9. ARCHIVO EXCEL DE DATOS DEL PROYECTO	42
IMAGEN 10. ARCHIVO EXCEL DEL CÁLCULO DEL PROYECTO	43
IMAGEN 11. PROCEDIMIENTO MÉTODO DE MONTECARLO [55].....	78

Capítulo 1.- Introducción

1.1. Motivación

La necesidad de combatir el cambio climático de manera rentable en relación a los costes, así como la escasez de recursos y la dependencia energética son algunos de los grandes retos del siglo XXI. En este contexto, la Unión Europea trata de dirigir sus esfuerzos hacia una mejora de la eficiencia energética basada en la innovación tecnológica [1].

Dentro de este marco, el sector de la climatización se presenta como un elemento importante de actuación debido, entre otros, al uso intensivo de energía de sus equipos, representando aproximadamente la mitad del consumo de energía primaria de un edificio [2], [3], y al empleo de refrigerantes con alto impacto medioambiental [4].

Actualmente, la normativa Europea F-Gas [5] y la Directiva Eco-design [6] afectan directamente al diseño de equipos HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*, por sus siglas en inglés) en cuanto al empleo de refrigerantes de alto PCA (*Potencial de Calentamiento Atmosférico*) y uso de energía, respectivamente.

Sin embargo, la minimización del uso de la energía y los materiales en las empresas no debe interpretarse como una actuación aislada, sino que debe estar enfocada a una reducción del impacto ambiental del producto o servicio durante todo su ciclo de vida, con el propósito de una mejora en la calidad de vida de la sociedad.

Esta línea de pensamiento, de la que también parte la nueva normativa ISO 14001:2015 [7], está representada y es desarrollada mediante la herramienta del Análisis de Ciclo Vida (ACV, en adelante).

Esta herramienta, a pesar de encontrarse en fase de maduración científica todavía, es capaz de proporcionar una estimación del impacto ambiental del sistema de estudio, con la consiguiente determinación de posibles áreas de actuación, tanto en la fase de diseño del producto como en el uso o la disposición final del mismo.

1.2. Objetivo

El principal objetivo de este proyecto es desarrollar una herramienta informática en VB que pueda ser integrada en el software de trabajo de empresas de climatización para la realización del ACV en equipos de climatización (HVAC).

1.3. Alcance

Para la consecución del objetivo descrito anteriormente, se revisarán las bases de datos disponibles en el mercado, los programas comerciales existentes, y las metodologías empleadas y aceptadas internacionalmente en la evaluación de impactos ambientales.

Asimismo, la herramienta objeto de este TFM será empleada en la realización del ACV de un proyecto concreto.

Capítulo 2.- Conceptos Básicos del Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

En este capítulo se presenta el concepto de “Análisis de Ciclo de Vida” (ACV) de un producto, la metodología a seguir en su implementación, y los programas comerciales y bases de datos disponibles para ello.

2.1. Definición de Análisis de Ciclo de Vida

El concepto de ACV tiene sus orígenes a finales de la década de los 80 cuando fue expuesto por la SETAC (*Society of Environmental Toxicology And Chemistry*) y, más tarde, fue extendido a otros organismos como ISO (*Organización Internacional de Normalización*), WRI (*Consejo Mundial de los Recursos*) y WBCSD (*Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible*).

El análisis de ciclo de vida (ACV) es una herramienta metodológica que sirve para evaluar el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida. Su aplicación se basa en la identificación y cuantificación de las entradas y salidas del sistema.

La principal característica de esta herramienta es su enfoque holístico, es decir, todas las propiedades de un sistema no pueden ser determinadas y explicadas solo de manera individual por las partes que lo componen, sino que deben integrarse todos los aspectos que participan [8].

Por ello, en la realización del ACV se debe incluir el ciclo completo del producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las etapas de: extracción y procesamiento de materias primas, producción, transporte y distribución, uso y mantenimiento, y reutilización, reciclaje y disposición de residuos (Figura 1).

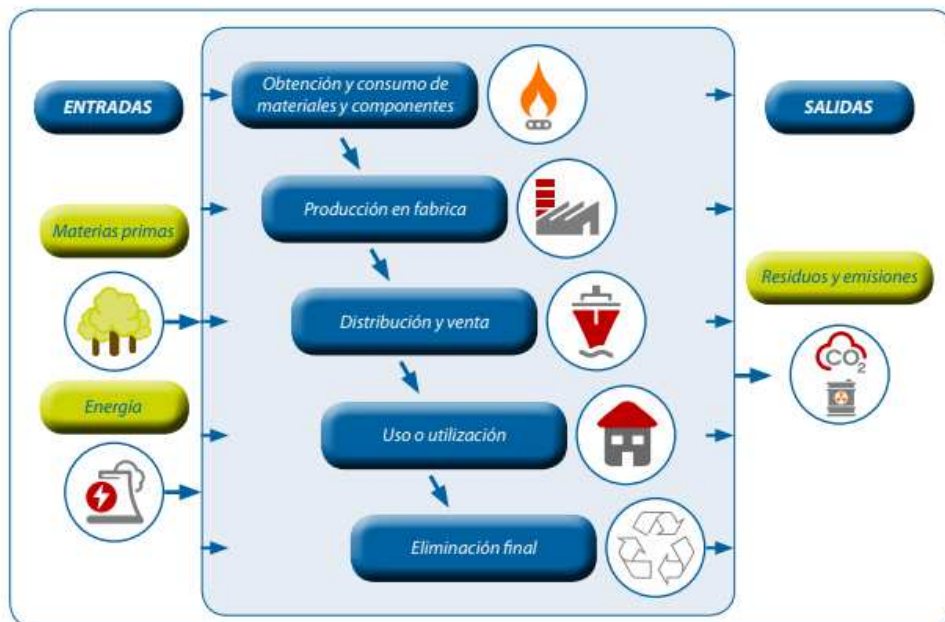


Figura 1. Concepto de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) [8]

2.2. Metodología del Análisis de Ciclo de Vida

Actualmente, la metodología general para la realización de un ACV se encuentra estandarizada mediante las normas ISO 14040:2006 [9] e ISO 14044:2006 [10]. Además, el JRC-IES (*Centro de Investigación Conjunta de la Unión Europea Instituto de Sostenibilidad y Medioambiente*) ha elaborado diversos manuales en los que se amplían las recomendaciones en la implementación del ACV [11], [12].

Tal y como se refleja en la normativa mencionada, los estudios de ACV completos deben incluir 4 fases fundamentales (Figura 2), aunque es posible realizar estudios simplificados en los que se elimine alguna de ellas.

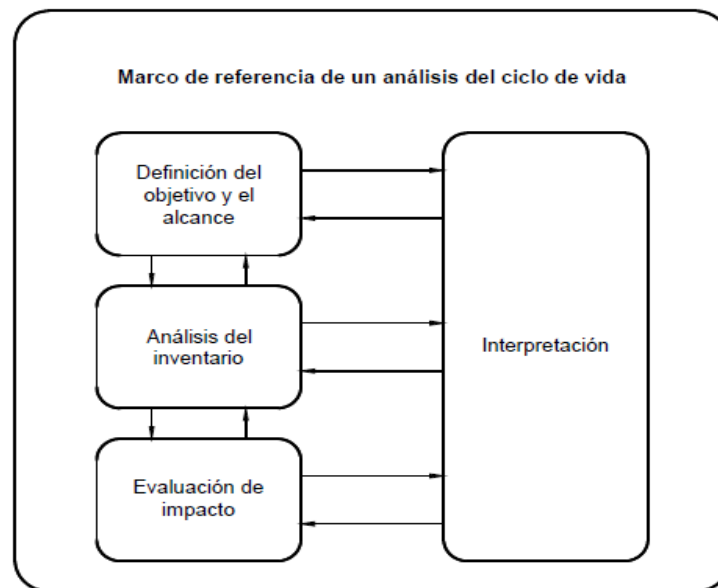


Figura 2. Etapas de un ACV [9]

Como se observa en la figura anterior, el ACV es un proceso iterativo en el que se deben revisar los resultados de cada fase y, cuando sea necesario, evaluar y modificar las etapas anteriores.

En las siguientes secciones se describen cada una de estas fases: definición del objetivo y alcance, análisis de inventario, evaluación de impacto e interpretación de los resultados.

2.2.1. Fase 1: Definición del objetivo y alcance

En esta primera fase deben presentarse las razones que han motivado la realización del estudio así como la aplicación prevista de los resultados indicando el público al que está destinado.

También se debe fijar el sistema objeto del estudio definiendo claramente sus funciones, la unidad funcional que servirá de referencia para recopilar los datos y elaborar los resultados, los límites del sistema, los procedimientos de asignación empleados, las categorías de impacto y la metodología de evaluación de impacto seleccionadas, los

requisitos relativos a calidad de datos, las suposiciones, las limitaciones, el tipo de revisión crítica (si la hay) y el tipo y formato del informe requerido para el estudio.

La definición de estos aspectos proporciona el detalle y la transparencia necesarios para la realización del ACV y la obtención de unos resultados fácilmente interpretables y validables. A continuación, se explican brevemente los aspectos más relevantes.

Función del sistema

Define la actividad particular que realiza el sistema en estudio. Este sistema puede desarrollar varias funciones simultáneamente, debiendo seleccionarlas de acuerdo al objetivo y alcance del ACV. Asimismo, es preciso considerar que si se pretende comparar dos sistemas diferentes, ambos deben desarrollar la misma función.

Unidad funcional

Define la función o funciones seleccionadas del sistema de estudio en términos cuantitativos para facilitar el análisis matemático. Así, la unidad funcional proporciona una referencia con la cual se normalizan todos los datos de entrada y salida, y por tanto, la comparación entre sistemas equivalentes debe hacerse considerando la misma unidad funcional.

Flujo de referencia

Es la cantidad de producto necesaria para cumplir la unidad funcional [9], [13].

Límites del sistema

Los límites del sistema de estudio determinan los procesos unitarios evaluados dentro del ACV, definiendo claramente los límites entre: la naturaleza y el sistema, los procesos unitarios incluidos y excluidos, y el sistema en estudio y los sistemas externos relacionados con los que podrían compartir los flujos.

Se recomienda realizar un diagrama o mapa de procesos durante la determinación de los límites del sistema, representando cada proceso con una caja e incluyendo las principales entradas y salidas, tanto de la naturaleza como de la tecnosfera [13].

En la práctica, los límites del sistema son frecuentemente modificados ya que dependen en gran medida de la disponibilidad de datos para la modelización de los procesos unitarios que se realiza durante la fase de análisis de inventario.

2.2.2. Fase 2: Análisis de inventario (ICV)

Esta fase comprende la recopilación de los datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas del sistema objeto de estudio. Se podría decir que es fundamentalmente un balance de materia, energía y otros aspectos ambientales que afectan al sistema de estudio a lo largo de toda su vida útil, desde la adquisición de materias primas hasta la gestión de residuos, pasando por la producción, distribución, mantenimiento, uso, reutilización y reciclado del mismo.

La realización del análisis de inventario caracteriza a los estudios de ACV como procesos iterativos ya que a medida que se recopilan los datos y se obtienen resultados, se pueden identificar nuevos requisitos y limitaciones que obliguen a revisar diversos aspectos del alcance o el objetivo principal. En la Figura 3 se muestra el procedimiento de desarrollo de esta etapa.

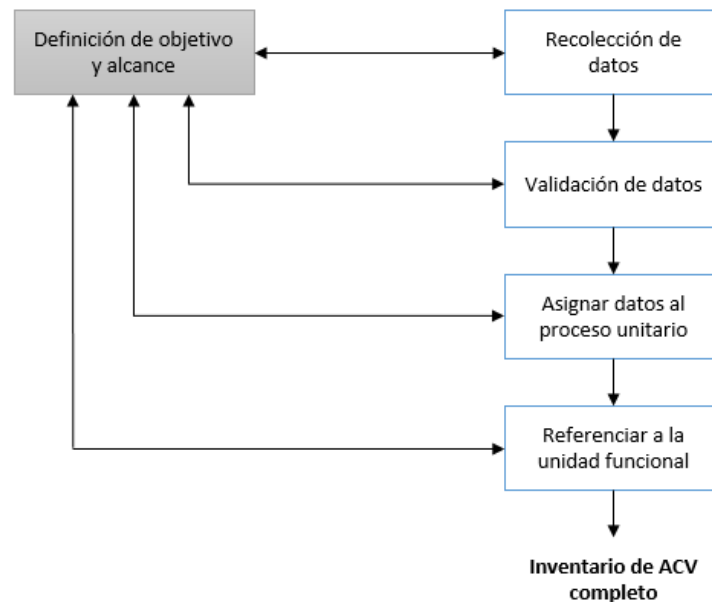


Figura 3. Proceso de elaboración de la fase de análisis de inventario [13]

Como se observa en la figura, la primera tarea es recopilar los datos de inventario de todos los procesos unitarios definidos previamente en el mapa de procesos. Se distinguen dos tipos de datos:

1. Datos primarios: describen en detalle los flujos relacionados con el proceso que se analiza. Estos datos se caracterizan como “específicos del sitio” y, habitualmente son empleados en la caracterización de los procesos visibles (*foreground processes*), ya que se encuentran bajo influencia directa del impulsor del ACV. Mediciones directas del proceso durante un periodo de tiempo, datos de seguimiento y control de procesos de software o facturas de servicios públicos y combustibles son algunos ejemplos de este tipo de datos [13].
2. Datos secundarios: describen flujos relacionados indirectamente con el proceso que se analiza. Suelen emplearse en la modelización de los llamados procesos de fondo (*background processes*), ya que no están controlados directamente por el impulsor del ACV. El ejemplo más claro que representa a este tipo de datos es el empleo de bases de datos de procesos presentes en el sistema. Otro ejemplo de este tipo de datos son las estimaciones, ya sean a partir de generalizaciones por datos del sector de actividad o por principios de ingeniería [13].

Teniendo en cuenta la definición y metodología del ACV explicadas hasta el momento, la cantidad de procesos unitarios podría ser tan amplia como uno quisiera, con el

consiguiente consumo de recursos y tiempo [13]. Por ello, se permite establecer ciertos criterios de corte para que determinados flujos y procesos sean excluidos del ACV [10], entre ellos:

- Criterio de masa: establece un porcentaje sobre la entrada total de masa al sistema por debajo del cual todo proceso puede ser excluido del análisis, habitualmente un 5 %.
- Criterio de energía: establece un porcentaje sobre la entrada total de energía al sistema por debajo de la cual el proceso se puede excluir debido a su poca relevancia energética.
- Criterio de significancia ambiental: define un porcentaje o cantidad de impacto ambiental a partir del cual cualquier entrada que contribuya por encima debe ser incluida en el análisis. Este criterio evita que, por ejemplo, flujos de masa pequeños de metales pesados no sean ignorados.

Además, existen varios criterios de corte que habitualmente son seguidos por los profesionales del ACV, como la exclusión de los flujos asociados a la fabricación de bienes de equipo, la fabricación de equipos de transporte y la construcción de infraestructuras [13]. Si bien, todos los criterios de corte aplicados deben ser especificados claramente.

Después de la recogida de datos, es importante la validación de los mismos con el fin de asegurar que cumplen con los requisitos de calidad fijados durante la definición del objetivo y alcance del estudio. Podría decirse que esta fase consta de dos partes; un análisis preliminar o validación para comprobar que se está trabajando en el orden de magnitud esperado y la evaluación de calidad de los datos para dotar de confiabilidad a los mismos.

La validación de datos puede realizarse comprobando la conservación de masa y energía en cada proceso, comparando los datos obtenidos con inventarios similares o expandiendo los datos de proceso unitario a datos nacionales o regionales de los que se tenga referencia. Al realizar este procedimiento, deben tenerse en cuenta los criterios de corte aplicados durante la recogida de datos.

La evaluación de la calidad de los datos tiene como finalidad dotar de confiabilidad al estudio frente a su público objetivo. Actualmente, no existe una metodología estándar para realizar esta evaluación, aunque se han propuesto diferentes métodos para ello. Uno de los más empleados es la matriz de pedigrí planteada por Weidema y Wesnaes [14], la cual cuenta con cinco indicadores de calidad de datos: fiabilidad, integridad, correlación temporal, correlación geográfica y correlación tecnológica. Estos indicadores se evalúan cuantitativamente con un valor entre 1 y 5, donde 1 indica la posición más alta y 5 cinco la más baja. La Tabla 1 muestra las directrices a emplear durante la evaluación de la calidad.

Finalmente, todos los datos obtenidos relativos a los procesos unitarios del estudio se deberán escalar de acuerdo al flujo de referencia del sistema, obteniendo el inventario final del ACV.

Tabla 1. Matriz de pedigrí con 5 indicadores de calidad [14]

Puntuación indicador	1	2	3	4	5
Fiabilidad	Datos verificados basado en mediciones	Datos verificados parcialmente basados en supuestos o datos no verificados basados en mediciones	Datos no verificados parcialmente basados en mediciones	Estimaciones por personal cualificado	Estimaciones por personal no cualificado
Integridad	Datos representativos de muestras suficientes y de un periodo adecuado para nivelar fluctuaciones normales	Datos representativos con un número menor de muestras, pero de periodos adecuados	Datos representativos con un número adecuado de muestras, pero de periodos más cortos	Datos representativos, pero con un número menor de muestras y un periodo más corto o datos incompletos con un número adecuado de muestras	Representatividad desconocida o datos incompletos con un número menor de muestras o periodos más cortos
Correlación temporal	Menos de 3 años de diferencia con el año del estudio	Menos de 6 años de diferencia	Menos de 10 años de diferencia	Menos de 15 años de diferencia	Edad de los datos desconocida o con más de 15 años de diferencia
Correlación geográfica	Datos del área bajo estudio	Datos medios de un área mayor al área de estudio	Datos de un área con condiciones similares de producción	Datos de un área con condiciones ligeramente similares de producción	Datos de área desconocida o área con condiciones muy diferentes de producción
Correlación tecnológica	Datos de empresas, procesos y materiales bajo estudio	Datos de procesos y materiales bajo estudio, pero de diferentes empresas	Datos de procesos y materiales bajo estudio, pero de tecnologías diferentes	Datos de procesos o materiales relacionados, pero con la misma tecnología	Datos de procesos o materiales relacionados, pero con tecnología diferente

2.2.3. Fase 3: Evaluación del impacto ambiental (EICV)

Esta fase consiste en el análisis y evaluación de los impactos potenciales ambientales de los flujos elementales obtenidos en el análisis de inventario. De acuerdo a la normativa ([9], [10]), la EICV se divide en cuatro sub-fases: dos obligatorias, clasificación y caracterización, y dos opcionales, normalización y ponderación (Figura 4).

Esta etapa es la que mayor subjetividad introduce en la realización de un estudio de ACV, debido a la elección de las categorías de impacto y a que los modelos de caracterización aún están en desarrollo [13]. Así, la transparencia es esencial para asegurar la validez de los resultados de esta fase.

A continuación, se describe en que consiste cada una de las sub-fases que componen esta etapa.

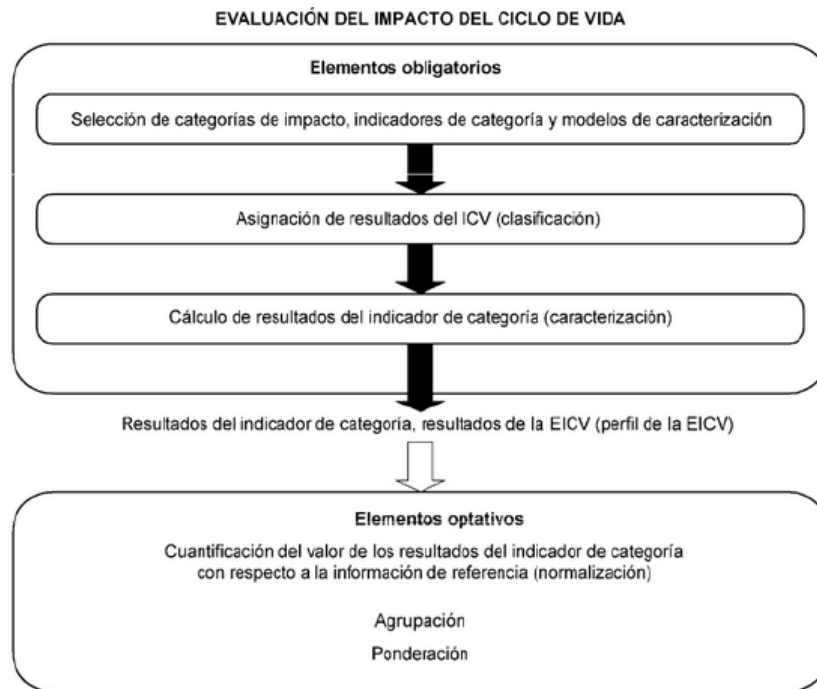


Figura 4. Elementos de la fase EICV [9]

1. Clasificación

Los flujos elementales obtenidos en el inventario de ciclo de vida (ICV) pueden generar diferentes impactos ambientales. Por ello, existen diferentes categorías que tratan de clasificar las contribuciones de estos flujos y representar las principales alteraciones que un sistema puede causar sobre el medio ambiente y el hombre.

Estas categorías de impacto ambiental se miden en unidades físicas denominadas indicadores de categoría que, habitualmente, corresponden al principal compuesto responsable de la alteración ambiental. Así, para poder sumar la contribución de diferentes flujos elementales en una misma categoría de impacto se emplean factores de caracterización referenciados a sus indicadores de categoría. En la Tabla 2, se muestran las principales categorías de impacto junto con sus indicadores más comunes, para más información consultar el *Anexo I.- Categorías de impacto*.

Actualmente, la Organización Internacional de Estandarización (ISO) no detalla qué categorías de impacto se deben considerar aunque, en estudios que se utilicen en aseveraciones comparativas con divulgación pública, éstas deben estar aceptadas internacionalmente [10]. Por ello, existen diversas metodologías de caracterización que proponen diferentes categorías de impacto y factores de caracterización. En la Tabla 3 se

muestran las metodologías de caracterización más importantes, para más información consultar el *Anexo II.- Metodologías de caracterización de impactos*.

Teniendo en cuenta la diversidad existente, se debe seleccionar la metodología de caracterización a emplear de acuerdo al objetivo y alcance del sistema de estudio. Lo que, a su vez, implica la elección indirecta de las categorías de impacto a evaluar junto con los factores de caracterización.

Tabla 2. Principales categorías de impacto junto con sus indicadores [13], [2]

Categoría de impacto	Indicador
Calentamiento global	kg CO ₂ equivalente
Acidificación	mol H ⁺ equivalente kg SO ₂ equivalente
Ecotoxicidad	CTUe (Comparative Toxic Units for ecosystems) kg 2,4 – D equivalente
Eutrofización terrestre	mol N equivalente kg PO ₄ ⁻³ equivalente
Eutrofización acuática	En agua dulce: kg P equivalente En agua salada: kg N equivalente
Salud humana (cáncer)	CTUh (Comparative Toxic Units for Ecosystems) kg Benceno equivalente
Salud humana (no cáncer)	CTUh (Comparative Toxic Units for Ecosystems) kg Tolueno equivalente
Salud humana (respiración)	kg PM10 equivalente kg PM2,5 equivalente
Degradación capa de ozono	kg CFC-11 equivalente
Radiación ionizante	kg U ²³⁵ equivalente
Oxidación fotoquímica	kg Ozono equivalente kg C ₂ H ₄ equivalente kg COVNM equivalente
Degradación de recursos	Acuáticos: m ³ de agua usada en relación con agua escasa Minerales, fósiles: kg de Sb equivalente
Transformación de suelo	kg C (sustraído)

Tabla 3. Principales metodologías de caracterización y sus categorías de impacto [15], [16]

Método	Acidificación	Cambio climático	Degradación de recursos	Eco-toxicidad	Uso de energía	Eutrofización	Toxicidad humana	Radiación ionizante	Degradación capa de ozono	Partículas	Uso del suelo	Oxidación fotoquímica
CML (baseline)	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	—	✓	—	—	✓
Cumulative Energy Demand	—	—	—	—	✓	—	—	—	—	—	—	—
Eco-indicador 99	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	—	—
Eco-Scarcity 2006	—	—	—	✓	—	—	—	—	—	—	—	—
ILCD 2011 - midpoint	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ILCD 2011 - endpoint	✓	✓	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ReCiPe	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
TRACI 2.1	✓	✓	✓	✓	—	✓	✓	—	✓	✓	✓	✓
USEtox	—	—	—	✓	—	—	✓	—	—	—	—	—

2. Caracterización

En esta subfase se realiza la cuantificación de los impactos. Para ello, se convierten los flujos a unidades comunes empleando los factores de caracterización, y se suman los resultados convertidos, obteniendo un valor para cada una de las categorías de impacto.

Por ejemplo, si se quisiera determinar el impacto de la categoría “Calentamiento global” considerando las contribuciones debidas a emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, y el indicador de referencia fuesen los kg de CO₂ emitidos, se debería multiplicar cada una de las contribuciones en masa de los compuestos (m_i) por el factor de caracterización (CG_i) de cada emisión y sumarlos posteriormente ($\text{Calentamiento Global (kg CO}_2\text{)} = \sum_i (CG_i \cdot m_i)$

Ecuación 1) [2].

$$\text{Calentamiento Global (kg CO}_2\text{)} = \sum_i (CG_i \cdot m_i) \quad \text{Ecuación 1}$$

3. Normalización

En esta fase se dividen los resultados de la caracterización entre los factores de normalización de cada categoría de impacto, obteniendo el grado de contribución de cada una de ellas con respecto a cierta información de referencia. Algunos ejemplos de valores de referencia son el total de entradas y salidas en un área determinada o el impacto total generado por una persona en un año.

Los factores de normalización constituyen la magnitud real o predicha para cada categoría de impacto en un área geográfica y tiempo determinados. Usualmente, cada metodología de caracterización también aplica sus propios factores de normalización.

La normalización de los resultados pueden cambiar las conclusiones que surgen de la fase de EICV. Por ello, se aconseja emplear varios sistemas de referencia e incluso realizar un análisis de sensibilidad. Asimismo, para estudios con fines comparativos y divulgativos se desaconseja su uso debido a la introducción de importantes subjetividades [10].

4. Ponderación

En la ponderación se convierten los resultados normalizados para cada categoría de impacto empleando factores numéricos basados en juicios de valor. Posteriormente, estos valores se pueden sumar para obtener una puntuación total medioambiental del sistema analizado.

Como se ha mencionado, los factores de ponderación se basan en juicios de valor y no tienen una base científica. Diferentes personas, organizaciones y sociedades pueden tener distintas preferencias, por lo que las conclusiones obtenidas de un mismo sistema podrían ser totalmente distintas. Debido a esto, la norma UNE-EN ISO 14044:2006 [10] aconseja realizar un análisis de sensibilidad, así como no emplear esta etapa en estudios con fines comparativos dirigidos al público.

2.2.4. Fase 4: Interpretación de los resultados

Esta última fase tiene como objetivo analizar los resultados estableciendo las conclusiones, limitaciones y recomendaciones relativas al sistema de estudio conforme al objetivo y alcance fijados. También se debe considerar la cobertura geográfica, la cobertura tecnológica, los límites del sistema y la evaluación de la calidad de los datos.

La norma UNE-EN ISO 14044:2006 [10] incluye 3 elementos fundamentales dentro de esta fase: identificación de las variables significativas, evaluación de los resultados y elaboración de conclusiones, limitaciones y recomendaciones.

1. *Identificación de las variables significativas:* consiste en determinar qué flujos y procesos de las fases de inventario y evaluación de impactos del ciclo de vida conllevan un mayor impacto y cuáles se podrán obviar. Estos datos se pueden estructurar diferenciando, por ejemplo, impactos entre etapas del ciclo de vida o procesos unitarios.
2. *Evaluación de los resultados:* se consideran los análisis de integridad, sensibilidad y coherencia. La comprobación de la integridad pretende asegurar que toda la información para la interpretación está disponible y completa. Si se identifica la falta de información en campos que puedan tener influencia sobre problemas ambientales significativos, es necesario volver atrás y mejorar los datos del inventario y/o la evaluación de impactos del ciclo de vida. Respecto a la comprobación de la coherencia, se debe valorar si los supuestos metodológicos (temporales, geográficos y tecnológicos) se han mantenido a lo largo de todo el ACV y son acordes al objetivo y alcance del estudio. Finalmente, el análisis de sensibilidad evalúa la fiabilidad de los resultados y las conclusiones del ACV mediante la determinación de las incertidumbres que podrían afectar a los datos y decisiones del estudio. Los métodos más extendidos para la realización de un análisis de sensibilidad en un ACV son el método de Montecarlo y el método según orientaciones del IPCC, para más información consultar el *Anexo III.- Métodos para la evaluación del análisis de sensibilidad*.
3. *Conclusiones, limitaciones y recomendaciones:* esta es la fase en que se comunican los resultados del estudio. Todas las conclusiones deben reflejar los objetivos del estudio y tener en cuenta las limitaciones que se hayan identificado. Por último, se pueden hacer recomendaciones como extensiones lógicas de las conclusiones.

En la siguiente figura se muestran las relaciones de los elementos de la fase de interpretación con otras fases del ACV.

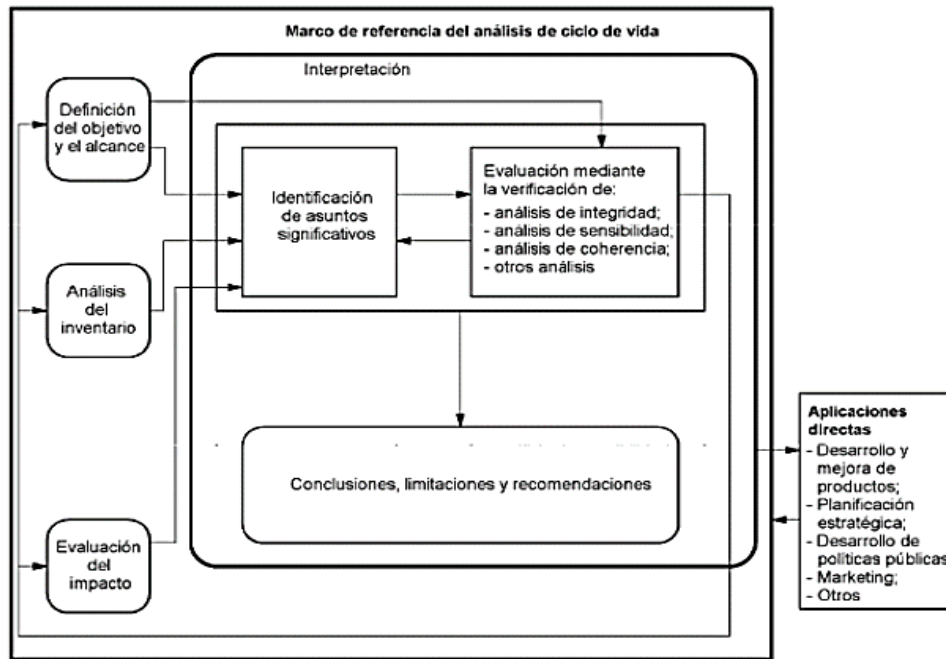


Figura 5. Relación de los elementos de la fase de interpretación con las otras fases del ACV [10]

2.3. Herramientas para la realización de Análisis de Ciclo de Vida

Como se ha expuesto anteriormente, la realización del ACV de un producto es un procedimiento iterativo y, en ocasiones, intensivo en la cantidad de datos que se precisan, tanto en la fase de inventario como en la evaluación de los impactos ambientales. Por ello, se han desarrollado distintos software y bases de datos que facilitan la realización de estos estudios. A continuación se presentan las herramientas más extendidas.

2.3.1. Bases de datos para ACV

Habitualmente no es posible disponer de datos primarios para la realización de estudio de ACV, ya sea por falta de tiempo, recursos o acceso. En estos casos, y siempre que el objetivo y alcance del estudio lo permitan, se emplean datos secundarios provenientes de bases de datos (BBDD, en adelante).

Se pueden diferenciar dos tipos de BBDD en función de los datos que contienen [8]:

- BBDD con datos de las entradas y salidas que se emplean en la fase de inventario de ciclo de vida, relativos, por ejemplo, a materiales o procesos.
- BBDD con datos de las metodologías de la fase de evaluación de impactos como factores de caracterización o factores de normalización y ponderación.

En la realidad las BBDD suelen tener integrados ambos tipos de datos. En la Figura 6 se muestra un esquema que resume la metodología ACV y su relación con las BBDD.

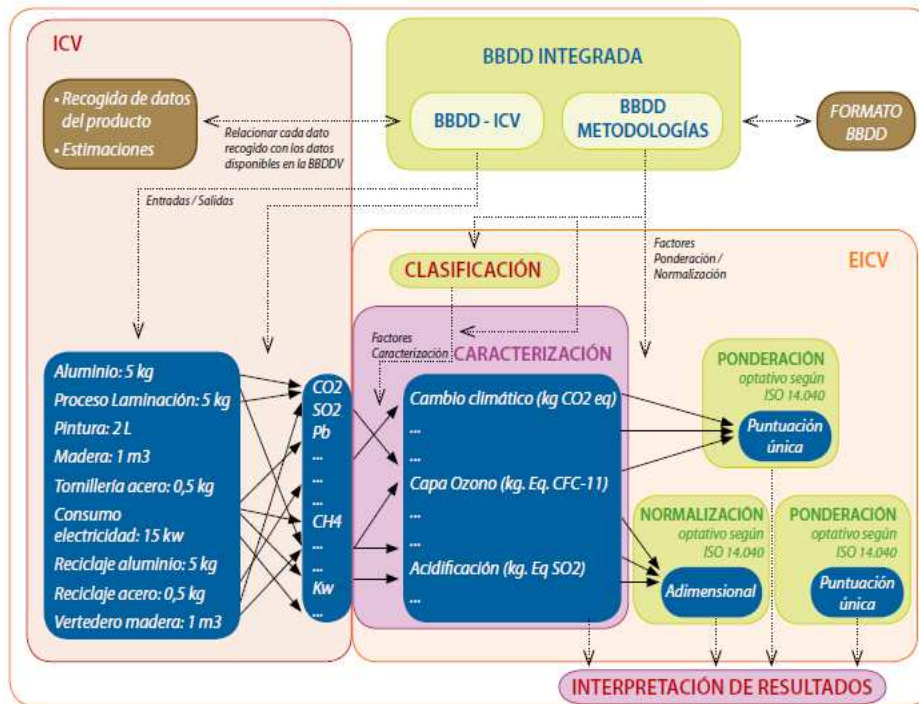


Figura 6. Esquema conceptual de un proceso de ACV [8]

La principal característica de estas BBDD es que los datos están recogidos en un formato predeterminado y estandarizado por la norma ISO/TS 14048:2002 [17]. De esta manera, las herramientas de ACV pueden diseñarse para poder aceptar datos de diversas procedencias. Los formatos más empleados son SPOLD¹, ECOSPOLD² y SPINE³.

Las BBDD pueden contener datos de múltiples sectores o ser específicas para aplicación concreta en un sector. En la Tabla 4 se muestran algunas de las BBDD más empleadas.

Cabe destacar que la BBDD Ecoinvent es la fuente de datos de inventario de procesos más completa y de mayor calidad [13], aunque es una herramienta de pago.

Finalmente, la BBDD de la Unión Europea (ELCD) [18], proporciona desde su lanzamiento, en el año 2006, inventarios de proceso para el desarrollo del ACV de forma gratuita. Asimismo, cualquier persona o institución puede desarrollar sus propios inventarios de procesos para añadirlos a esta BBDD. Los inventarios son oficialmente revisados por un grupo de investigadores de la Plataforma Europea de Análisis de Ciclo de Vida de la Comisión Europea, lo que garantiza la buena calidad de los datos [13].

Tabla 4. Bases de datos disponibles para la realización de un estudio de ACV [8], [13], [19], [20], [21]

¹ Emplea el sistema de clasificación de la producción de la Unión Europea de Comercio relacionando las actividades industriales y los servicios con los productos [8].

² Formato de intercambio de datos basado en XML compatible con editores de texto, hojas de cálculo de Excel... [8].

³ Formato de intercambio de datos basado en la estructura de una BBDD relacional desarrollada en lenguaje de alto nivel SQL [8].

Nombre BBDD	Formato	Nº datos ICV	Sector
BUWAL 250 [22]	Ecospold	300	Genérico
Ecoinvent v.3.4. [23]	Ecospold	4000	Genérico
EIME [24]	Ecospold	558	Eléctrico - electrónico
ELCD [18]	ILCD convertible a Ecospold y Excel	509	Genérico
Eurofer data sets [25]	No especificado	14	Industria del acero
FRANKLIN US LCI [26]	Ecospold	355	Genérico
Gabi [27]	Ecospold	2300	Genérico
U.S. Life Cycle Inventory Database [28]	Ecospold	764	Genérico

2.3.2. Software para ACV

Actualmente existe una amplia variedad de herramientas informáticas disponibles en el mercado para la realización de un ACV completo. El principal y más destacado componente de estos software es la integración de BBDD tanto relativas a inventarios de ciclo de vida como a metodologías de evaluación de impactos.

A la hora de valorar las distintas alternativas disponibles en el mercado, los criterios más importantes a considerar son:

- Capacidad de incorporar diversas BBDD de inventarios de procesos. Así como posibilidad para actualizarlas y editarlas [8], [2].
- Capacidad de incorporar diversas BBDD de metodologías de evaluación de impactos [8], [2].
- Facilidad de manejo del programa en función de la aplicación que va a tener, así como la interfaz y las posibilidades gráficas que ofrece [2].
- Posibilidad de análisis de incertidumbre de los datos y análisis de sensibilidad.
- Coste económico [2].

En la Tabla 5 se muestran de manera esquemática algunas de las herramientas ACV más relevantes.

De las herramientas de software mostradas, los programas Simapro, Gabi y Umberto son los más completos y extendidos para la realización de estudios de ACV de forma profesional. Asimismo, cabe destacar que openLCA es, desde 2007, la única opción gratuita

y de código abierto para la realización de estudios de ACV y, al igual que los programas mencionados anteriormente, es capaz de emplear diversas BBDD y formatos [13].

Por último, y con respecto al campo de aplicación de los software, la mayoría de ellos se pueden emplear para realizar el ACV de cualquier tipo de producto, ya que están basados en la selección de los datos disponibles en el inventario de procesos y el resultado final consiste en realizar un balance de los mismos. Sin embargo, aunque existen algunos programas adaptados, especialmente para el sector de la construcción, en general no existen herramientas de cálculo de ACV especializadas en un gran número de productos o sectores, como el sector de climatización.

Tabla 5. Software para estudios de ACV completo [8], [2], [29]

Nombre	Desarrollador	Enfoque	Características
AIST – LCA v.4	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan [30]	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> - BBDD propia: sustancias químicas, productos de hierro y acero y gestión de residuos. - Valoración tanto de aspectos ambientales como de parámetros de coste. - Exportable a Excel.
BEES 4.0	National Institute of Standards and Technology (NIST), USA [31]	Materiales de construcción	<ul style="list-style-type: none"> - BBDD con aproximadamente 200 productos clasificada según ASTM, exportable a Excel. - Metodología TRACI. - Exportable a Excel.
CMLCA v.6.1	Leiden University, Institute of Environmental Sciences (CML), Holland [32]	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> - Apta para diversas BBDD: CML-IA, Ecoinvent, EXIOBASE, ELCD... - Metodologías: CML2001, EDIP, EPS, TRACI, etc. - Posibilidad de análisis de sensibilidad y Monte Carlo. - Exportable a Excel.
EIME	Bureau Veritas CODDE, France [24]	Eléctrico - electrónico	<ul style="list-style-type: none"> - Variedad de BBDD: BUWAL, IDEMAT, DEAM, etc. - Metodología EICV: Concepto de Ecobalance. 11 categorías de impacto fijadas por Ecobilan.
GABI	Instituto de ciencia y ensayo de polímeros (IKP) y Universidad de Stuttgart en colaboración con PE EUROPE GMBH [27]	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción gráfica del ciclo de vida. - Posibilidad de modificación en cualquier momento de todos los parámetros del ciclo de vida. - Valoración tanto de aspectos ambientales como de parámetros de coste. - Posibilidad de reutilización de procesos y planes creados en otros proyectos. - Posibilidad de asignación de cargas. - Posibilidad de análisis de: escenarios

			<p>de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gran variedad de representación de los datos. - Permite exportar la información en formato Ecospol y Excel.
openLCA	GreenDelta, Germany [33]	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> - Compatible con BBDD tanto gratuitas como comerciales: ELCD, Ecoinvent, Exiobase, etc. - Variedad de metodologías EICV. - Diagrama de flujos y procesos. - Capacidad para añadir módulos y extensiones para ampliar sus características. - Posibilidad de modificación en cualquier momento de todos los parámetros del ciclo de vida. - Posibilidad de análisis de: escenarios de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo. - Herramienta gratuita y de código abierto. - Posibilidad de exportar en varios formatos.
SIMAPRO	PRE-Consultants [34]	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de modificación en cualquier momento de todos los parámetros del ciclo de vida. - Valoración tanto de aspectos ambientales como de parámetros de coste. - Redacción de informes conforme a ISO. - Posibilidad de análisis de incertidumbre, escenarios de fin de vida, análisis de sensibilidad y Monte Carlo. - Exportable a Ecospol y Excel.
TEAM 5.2	ECOBILAN-PRICEWATERHOUSE COOPERS [35]	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil e intuitivo manejo. - Diagrama de flujos y procesos. - Posibilidad de modificación en cualquier momento de todos los parámetros del ciclo de vida. - Posibilidad de análisis de: escenarios de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo. - Gran variedad de representación de los datos. - Permite exportar la información en formato Ecospol y Excel.
UMBERTO	ifu Hamburg GMBH [36]	Genérico	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción gráfica del ciclo de vida del producto. - Posibilidad de modificación en cualquier momento de todos los parámetros del ciclo de vida. - Posibilidad de análisis de: escenarios de fin de vida, sensibilidad y Monte Carlo.

			<p>Carlo.</p> <ul style="list-style-type: none">- Valoración tanto de aspectos ambientales como de parámetros de coste.- Permite exportar la información en formato Ecospold y Excel.
--	--	--	--

Capítulo 3.- Diseño de una herramienta en VBA para la realización de ACV en equipos HVAC

En este capítulo se expone el desarrollo de una herramienta sencilla que permita la realización de ACV en equipos HVAC. A continuación, se explican las características de la misma y su funcionamiento a nivel de usuario.

3.1. Presentación del programa

Como se ha expuesto previamente, la realización del ACV completo de un producto es un proceso que emplea un elevado número de datos y, aunque existen diversas herramientas para ayudar a su desarrollo, no están adaptadas para aplicaciones concretas o para ser empleadas de forma sencilla por personal no experto en la materia.

Así, el principal objetivo al desarrollar este programa ha sido proponer una herramienta de uso sencillo para la realización de estudios de ACV, adaptada a las características principales de equipos HVAC.

Esta herramienta se ha desarrollado en Microsoft Visual Basic for Applications (*Microsoft VBA*), el lenguaje de macros de Microsoft Visual Basic incluido en varias aplicaciones de Microsoft Office y que permite la ampliación de sus funcionalidades. En este caso, la aplicación empleada ha sido Excel.

Las principales características consideradas en el diseño de la herramienta han sido:

- Posibilidad de realizar el ACV del equipo HVAC, valorando el impacto de los distintos componentes que lo conforman.
- Posibilidad de clasificar los procesos identificados por etapas del ciclo de vida y tipo.
- Capacidad para importar en formato “.xls” o “.xlsm” una lista de componentes previamente elaborada.
- Capacidad para cargar datos de ACV de otros equipos realizados previamente con la herramienta.
- Posibilidad de modificar cualquier parámetro del inventario del ciclo de vida durante cualquier momento de análisis.
- Capacidad para emplear BBDD externas, tanto de datos de inventarios como de metodologías de evaluación de impactos.
- Posibilidad de emplear datos de inventario suministrados por los proveedores de los componentes.
- Capacidad para comparar varios productos.

- Obtención de los resultados del ACV en Excel, clasificando las contribuciones de los impactos por procesos, etapas del ciclo vida y componentes, y representándolos gráficamente.

Estas características otorgan a esta herramienta frente a otros software comerciales la ventaja de obtener un informe fácilmente manejable por el usuario, pudiendo clasificar y analizar los resultados en función de diversos criterios como componentes, recursos empleados o fases del ciclo de vida. Además, permite introducir valores finales de categorías de impactos y no solo trabajar con BBDD de inventario externas.

En base a esto, el programa consta de un módulo principal en el que se pueden distinguir tres secciones: una serie de botones en la parte superior, desde los cuales el usuario puede gestionar diversas funciones, una ventana en la parte izquierda que permite la gestión de los componentes del equipo, y una ventana con varias pestañas en la parte central, dónde se introducen los datos de inventario del ACV. La estructura del programa se explica detalladamente en el siguiente apartado (*Capítulo 3, apartado Estructura del programa*).

A continuación, se muestra un esquema que resume el concepto de funcionamiento del programa.

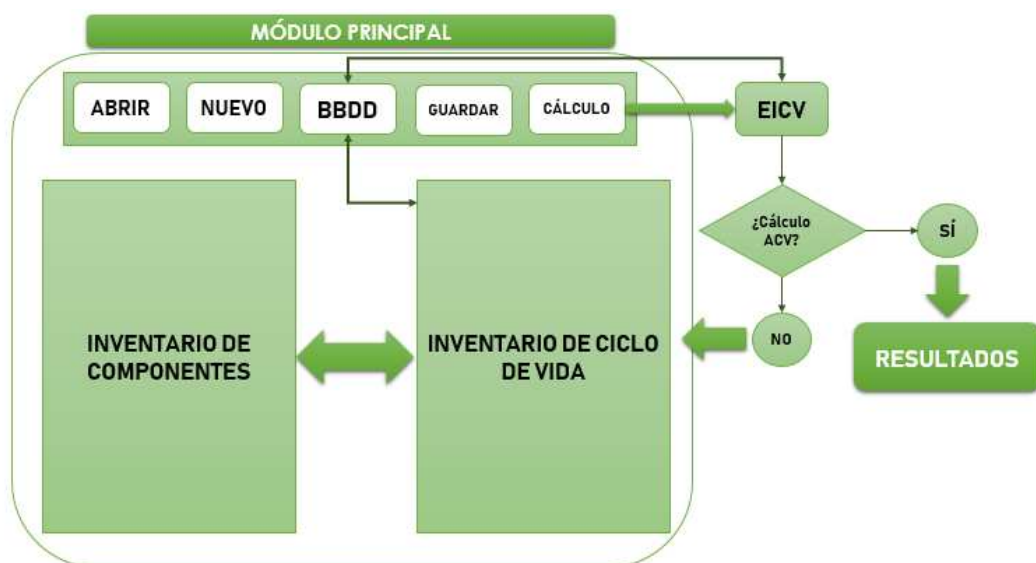


Figura 7. Esquema funcional del programa

3.2. Estructura del programa

3.2.1. Interfaz de usuario

El programa consta de una ventana principal en la que se distinguen tres secciones (Imagen 1):

1. Conjunto de botones – herramienta
2. Sección de componentes del equipo
3. Ventana de introducción de datos de inventario de ciclo de vida.

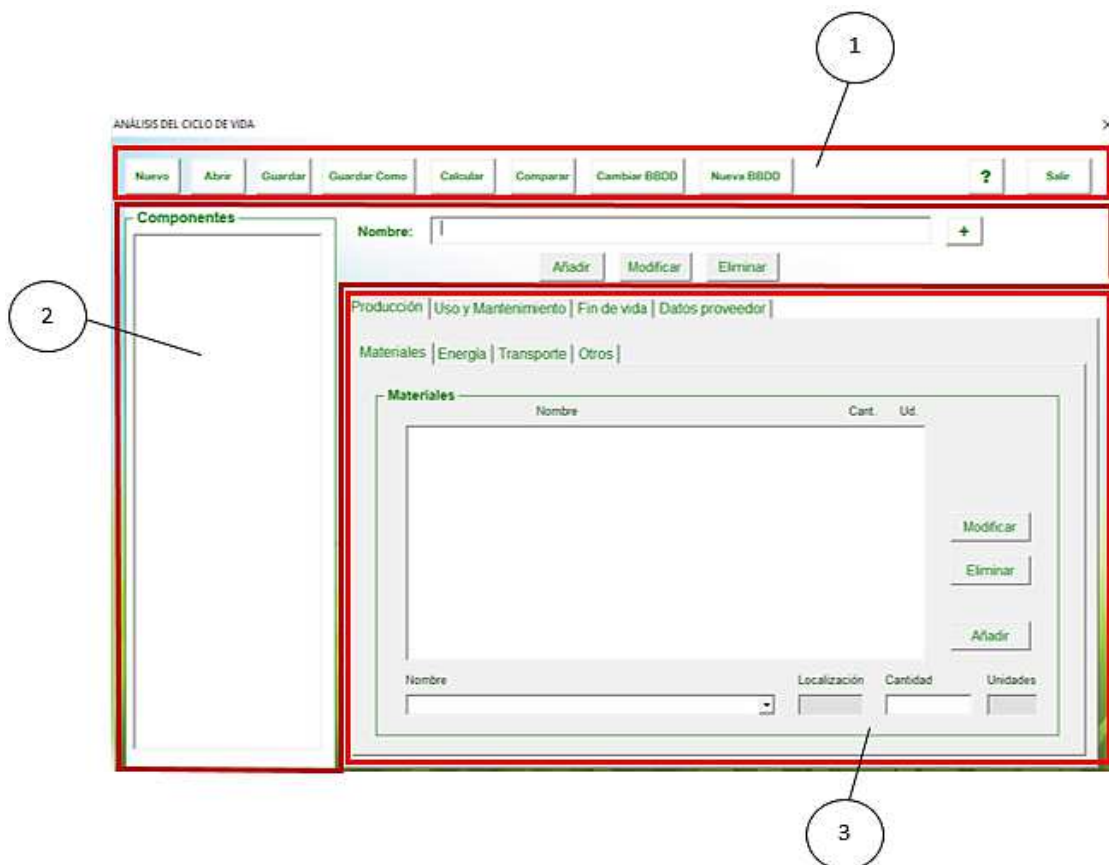


Imagen 1. Estructura de la ventana principal del programa

Sección 1: Botones – herramienta

Como se puede observar en la imagen anterior, la sección 1 está formada por un conjunto de botones, a modo de barra de herramientas, que ofrecen al usuario diversas opciones durante la realización del ACV. A continuación, se describen las funciones de cada uno de los botones:

- **Nuevo:** inicia un nuevo proyecto cargando las secciones de componentes e inventario de ciclo de vida vacías.

- **Abrir:** importa los datos de un proyecto previamente guardado y los carga en las secciones de componentes e inventario de ciclo de vida. Esta función solo permite importar datos de archivos previamente generados con este programa.
- **Guardar:** salva los datos introducidos en el programa hasta ese momento en la hoja de cálculo correspondiente al proyecto activo. En caso de que los datos no hayan sido guardados previamente, se crea un nuevo archivo, al igual que en la opción “Guardar como”.
- **Guardar como:** salva los datos introducidos en el programa hasta ese momento en una nueva hoja de cálculo de Excel, de la cual el usuario debe especificar el nombre y la ubicación.
- **Calcular:** carga una nueva ventana con las categorías de evaluación de impactos ambientales disponibles para el cálculo (Imagen 2).

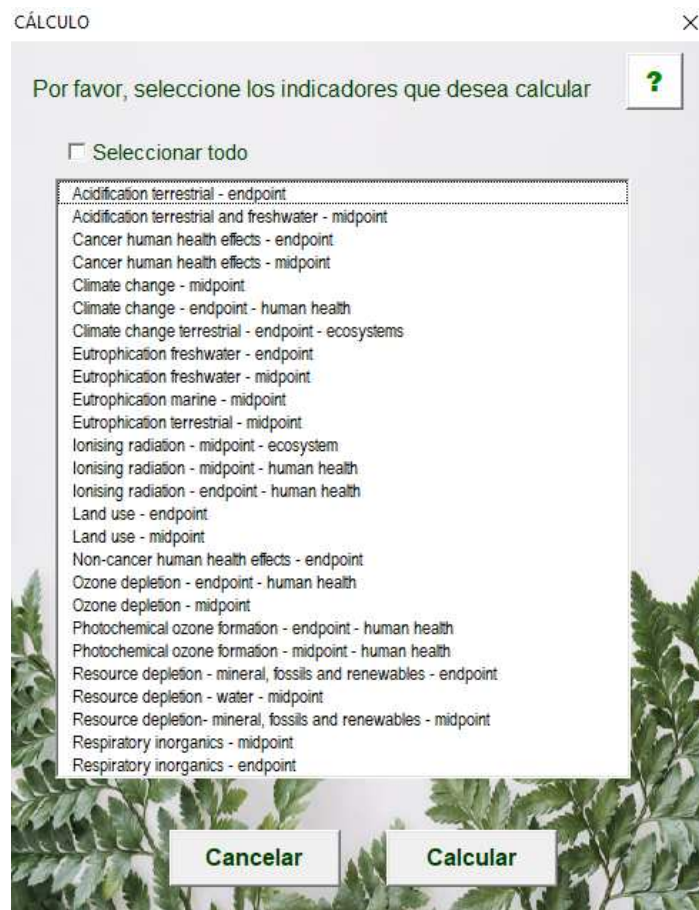


Imagen 2. Ventana de cálculo

- **Comparar:** permite seleccionar varias hojas de cálculo de Excel con los resultados de diferentes proyectos, previamente generadas con esta herramienta, para realizar una comparación de los mismos.
- **Cambiar BBDD:** permite cargar una BBDD diferente a la activa por defecto.
- **Nueva BBDD:** permite adaptar al programa una nueva BBDD para utilizarla posteriormente. La gestión de la BBDD se explica detalladamente en el *apartado Gestión de la* .
- **?:** muestra la ventana de ayuda al usuario. Este botón también aparece en otras partes del programa con la misma finalidad. En la Imagen 3 se muestra la ventana de ayuda del módulo principal.
- **Salir:** permite al usuario salir del programa.

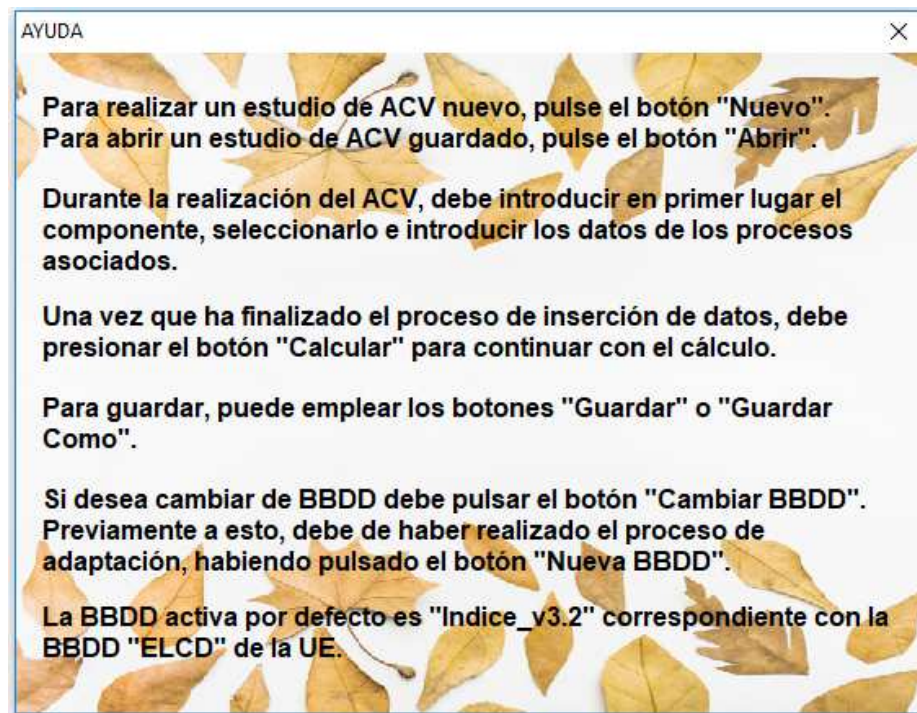


Imagen 3. Ventana de ayuda del módulo principal

Sección 2: Componentes del equipo

En esta sección el usuario puede gestionar los componentes del equipo que se desean estudiar.

Está formada por un cuadro de texto en el cuál se introduce el nombre de los componentes. Empleando los botones “**Añadir**”, “**Modificar**” o “**Eliminar**”, se pueden añadir componentes a la ventana principal existente en la parte lateral izquierda, modificar el nombre de los ya existentes o eliminar toda la información relativa a uno de ellos, respectivamente.

Finalmente, desde el botón “+”, se puede importar una lista de componentes en formato “.xls” o “.xlsm”.

Sección 3: Inventario del ACV

Como se puede observar en la Imagen 1, la parte central de la ventana principal está dedicada a la introducción de datos del inventario del ciclo de vida. Esta sección consta de una página con varias etiquetas relativas a las fases de vida: “**Producción**”, “**Uso y mantenimiento**” y “**Fin de vida**”. Además, existe una etiqueta adicional denominada “**Datos de proveedor**” en la cual se pueden introducir datos externos del ciclo de vida de los componentes proporcionados por los proveedores correspondientes.

Dentro de esta primera página, se ha creado una página secundaria que, al igual que la anterior, posee etiquetas. En este caso, para clasificar los procesos unitarios según el tipo “**Materiales**”, “**Energía**”, “**Transporte**”, “**Otros**”...

Asimismo, esta segunda página consta de una ventana y varios cuadros de texto dónde se muestran los datos relativos a estos procesos. Como en la sección anterior, también aparecen los botones “**Añadir**”, “**Modificar**” y “**Eliminar**”, pero actúan sobre los procesos introducidos dentro del inventario de ciclo de vida.

Cabe destacar que esta función última función, así como la capacidad para asignar flujos y procesos a componentes concretos, es posible gracias a la creación y definición de una variable tipo “Type” con sus propias características, para más información consultar el *Capítulo 3, apartado Variable “Type” para el almacenamiento de datos*.

En el *Capítulo 3 apartado Manual de usuario. Ejemplo guiado*, se detalla cómo emplear los elementos descritos.

3.2.2. Gestión de la BBDD

El empleo de datos secundarios, mayormente procedentes de BBDD, es habitual en el desarrollo de cualquier estudio de ACV. Por ello, es indispensable que una herramienta de software para ACV sea capaz de trabajar con una o más de ellas.

Conforme se ha expuesto en el *Capítulo 2, apartado 2.3.1*.

Bases de datos para ACV, existe una gran variedad de BBDD disponibles con un formato estándar aunque muy pocas de ellas son gratuitas. La BBDD elegida para la herramienta propuesta en este TFM ha sido la BBDD de la Unión Europea, ELCD [18], ya que contiene datos de un elevado número de procesos (507) con una buena calidad, posee un formato estándar, se puede compatibilizar con Excel y es libre. Asimismo, al estar gestionada por la Unión Europea y haber pasado a formar parte del programa medioambiental de las Naciones Unidas [37], se prevé su perseverancia en el tiempo, además de actualizaciones y un mantenimiento adecuado.

Centrando la atención en el formato de la BBDD de inventario, cada proceso tiene asignado un archivo Excel, nombrado con un código UUID⁴. Dentro de cada uno de estos archivos, existe una hoja de cálculo con información general sobre el proceso, como el nombre, la descripción, o las unidades en que se mide entre otros. En otra hoja se encuentran los datos de flujos elementales asociados al proceso. Para más información sobre la BBDD de inventario consultar el *Anexo IV.- Base de Datos de Inventario de Ciclo de Vida ELCD*.

Respecto a la BBDD de evaluación de impactos, al igual que en el caso anterior, cada archivo Excel contiene un impacto que tiene asignado un código UUID. La información referente a la metodología utilizada para el cálculo del impacto y los factores de caracterización a emplear con cada flujo elemental se encuentran en una hoja de cálculo. Para más información sobre esta BBDD consultar el *Anexo V.- Base de Datos de Evaluación de Impactos ELCD*.

Para la adaptación y la gestión de esta cantidad de información, se ha creado un procedimiento que se ejecuta al pulsar el botón “**Nueva BBDD**”. Este procedimiento trabaja a partir de las carpetas que contienen todos los archivos de la BBDD, abriéndolos uno a uno y recopilando la información en un solo documento a modo de índice.

De esta manera, se obtiene un archivo Excel con tres hojas que contienen la siguiente información:

- Hoja 1 - Información sobre procesos: código UUID, nombre del proceso, localización, cantidad base para la cual se han calculado los datos y unidades.
- Hoja 2 - Métodos de evaluación de impactos: código UUID, nombre del impacto y tipo de efecto.
- Hoja 3 - Información de la BBDD: directorio de procesos y directorio de métodos.

El programa emplea este documento cargando tanto los procesos que se muestran disponibles en la interfaz como los impactos. Una vez que se ha introducido toda la información y se procede al cálculo, el programa lee los códigos UUID y busca los archivos correspondientes para abrirlos y utilizar sus datos. En la siguiente figura se muestra un esquema del proceso empleado para la gestión de la BBDD.

⁴Identificador único universal formado por 36 caracteres (32 dígitos y 4 guiones). Cada proceso, flujo y método poseen un código de esta forma que no se repite en una versión determinada de la BBDD.

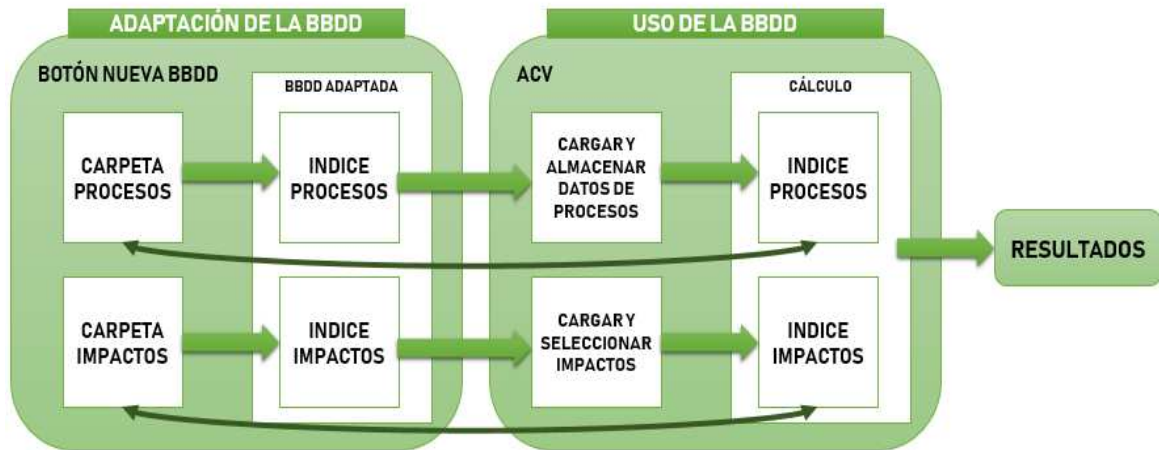


Figura 8. Esquema funcional de la BBDD

3.2.3. Variable “Type” para el almacenamiento de datos

Las características singulares del programa desarrollado, como son el análisis por componentes de los equipos y la posibilidad de gestionar sus respectivos flujos durante todo el estudio de ACV, han generado la necesidad de definir un tipo de estructura específica para el almacenamiento de datos.

Empleando VBA para Excel, la instrucción “Type” permite crear una nueva estructura de dato pudiendo contener en su interior uno o más elementos de diferentes tipos de datos.

De esta manera, la estructura creada contiene 69 elementos de diferentes tipos como cadenas de texto (string), vectores (arrays) o números decimales (double); en el *Anexo VI.- Código de la estructura de datos “Type” creada* se muestra el código empleado.

La estructura creada trabaja almacenando los datos de manera similar a un vector: si se introduce el nombre de un componente, éste ocupa la posición 0, el siguiente la posición 1 y así sucesivamente. Esto mismo ocurre para cualquier dato introducido en diferentes elementos de la estructura, por lo que todos los datos poseen una posición conocida dónde se almacenan, pudiendo ser extraídos posteriormente. En la Figura 9 se muestra un esquema conceptual del funcionamiento de la estructura definida.

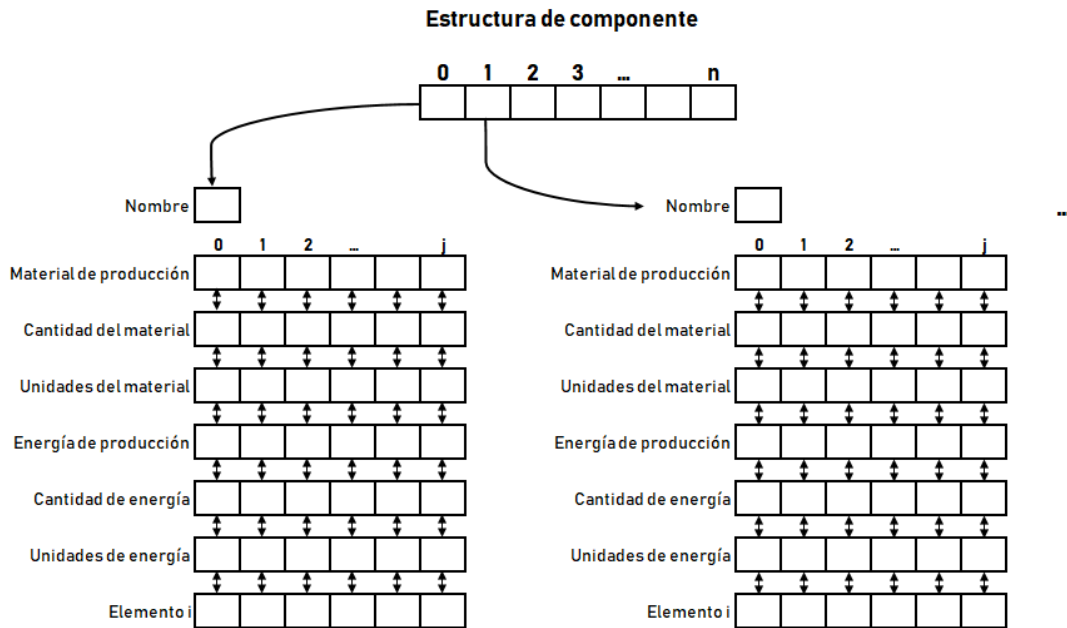


Figura 9. Esquema funcional de la estructura del tipo de dato creado

3.3. Manual de usuario. Ejemplo guiado

A continuación, se describe el procedimiento a seguir para crear un nuevo proyecto empleando la herramienta en VBA propuesta.

En primer lugar, se carga la ventana de inicio (Imagen 4) desde el icono de la aplicación.

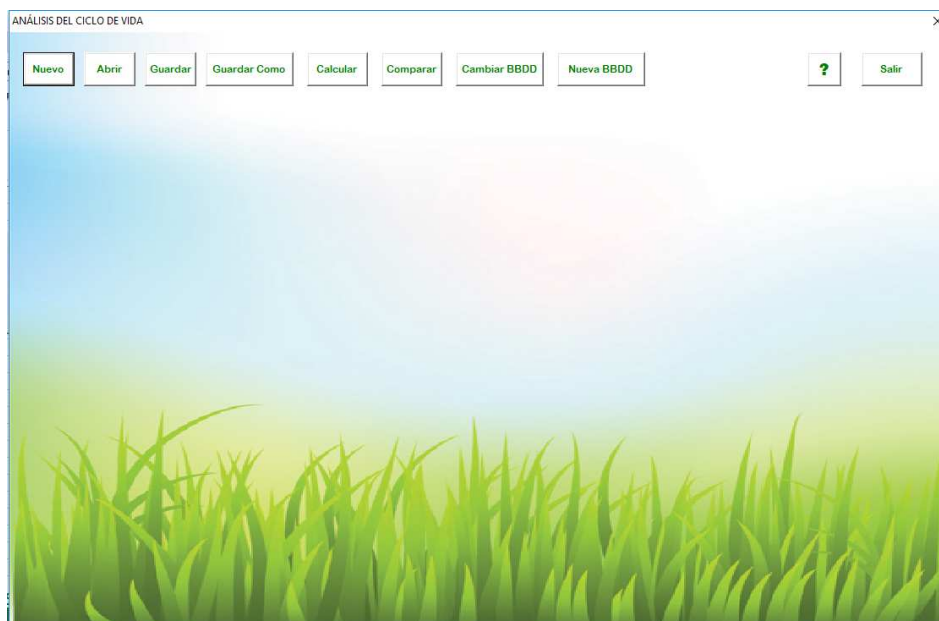


Imagen 4. Ventana de inicio del programa

Para comenzar un nuevo proyecto, se debe pulsar el botón “**Nuevo**” con lo que aparece el menú principal vacío (Imagen 5) y se puede empezar a introducir los datos.

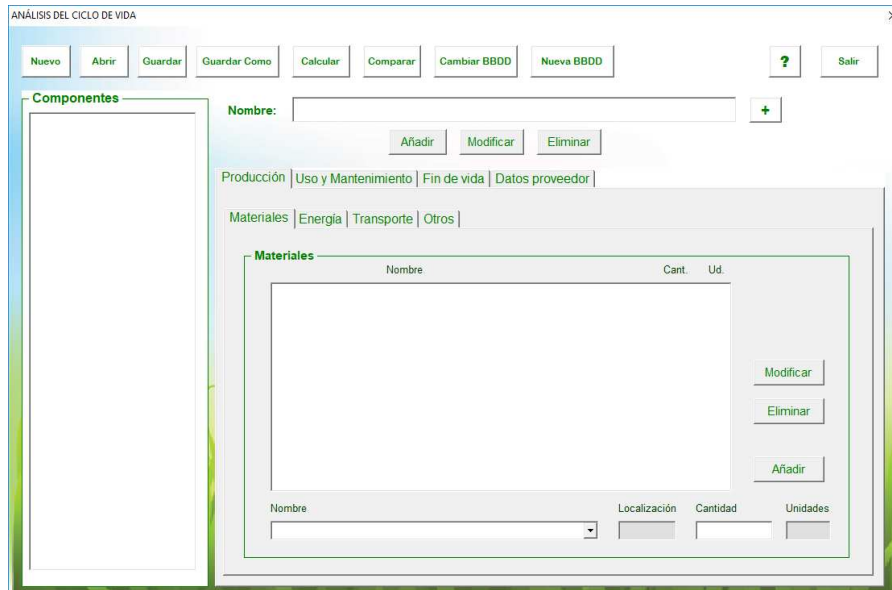


Imagen 5. Menú principal del programa

El primer paso en la introducción de datos es la definición de los componentes del equipo de estudio (Imagen 6). Para ello, se debe introducir el nombre del equipo en el cuadro de texto superior (1) y pulsar el botón “**Añadir**” (2). De esta manera, el componente se añadirá a la lista de la parte izquierda de la ventana (3).

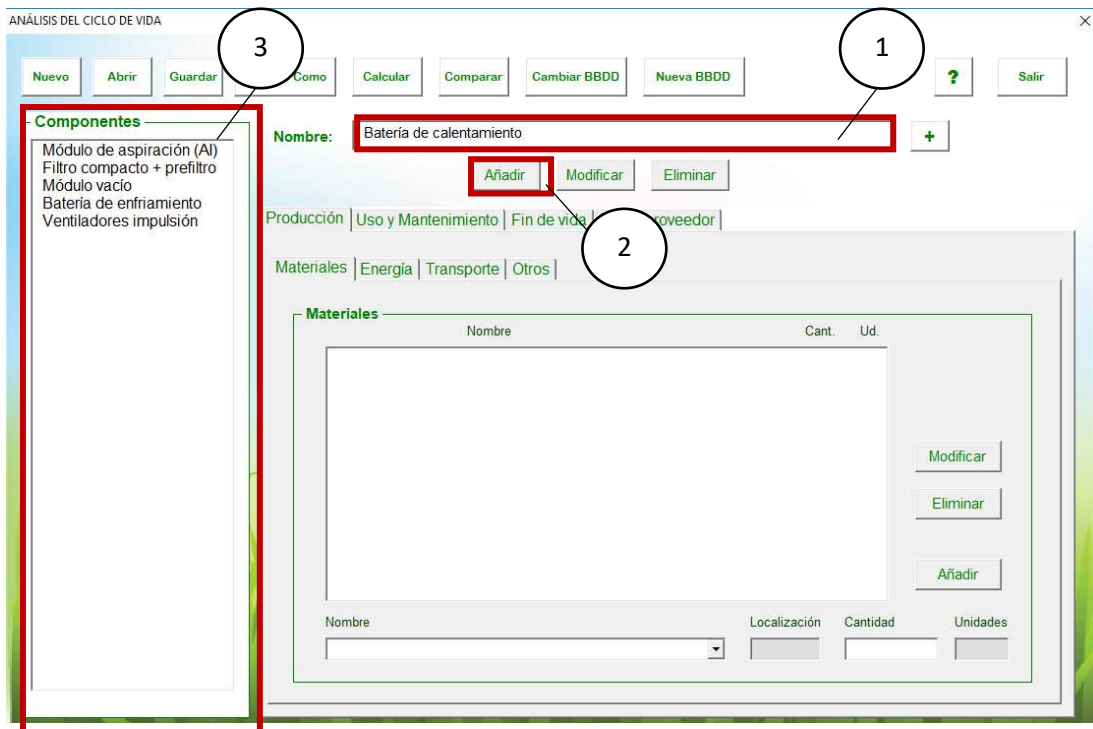


Imagen 6. Procedimiento de introducción de componentes en el programa

Una vez introducidos los componentes, se pueden incluir los datos de inventario de ciclo de vida (Imagen 7). Para ello, se debe seleccionar el componente deseado de la lista y elegir una de las pestañas de fase del ciclo de vida: “**Producción**”, “**Uso y mantenimiento**”, “**Fin de vida**” o “**Datos de proveedor**”. A continuación, se debe escoger otra pestaña según el tipo de proceso que se desee: “**Materiales**”, “**Energía**”, “**Transporte**” u “**Otros**”.

Una vez realizado este paso, se debe seleccionar el proceso adecuado de la lista de opciones (1) e introducir la cantidad respectiva (2). Para registrar el dato, se debe pulsar el botón “**Añadir**” (3) y este aparecerá en la lista central (4).

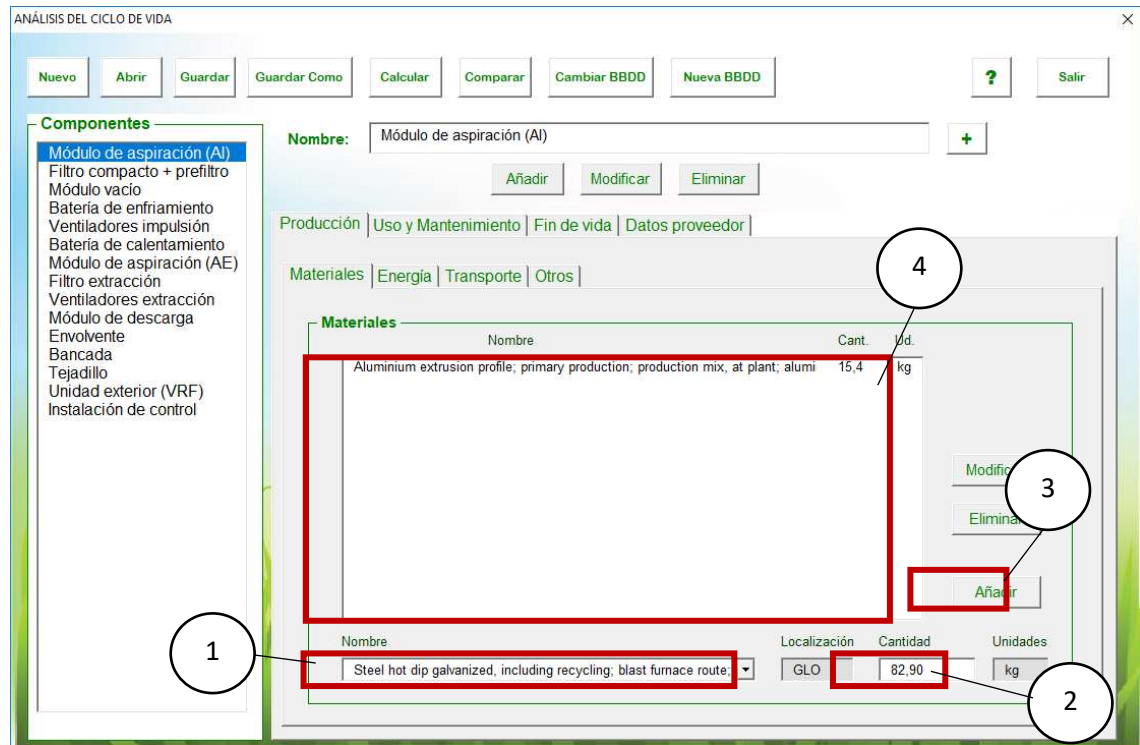


Imagen 7. Procedimiento de introducción de los datos de inventario de ciclo de vida

Finalmente, cuando se hayan introducido todos los datos necesarios, se puede realizar el cálculo pulsando el botón “**Calcular**”. Esta acción muestra la ventana de cálculo (Imagen 8) con las categorías de impacto disponibles. El usuario debe seleccionar aquellas que desee calcular pinchando en la lista y, a continuación, pulsar el botón “**Calcular**”.

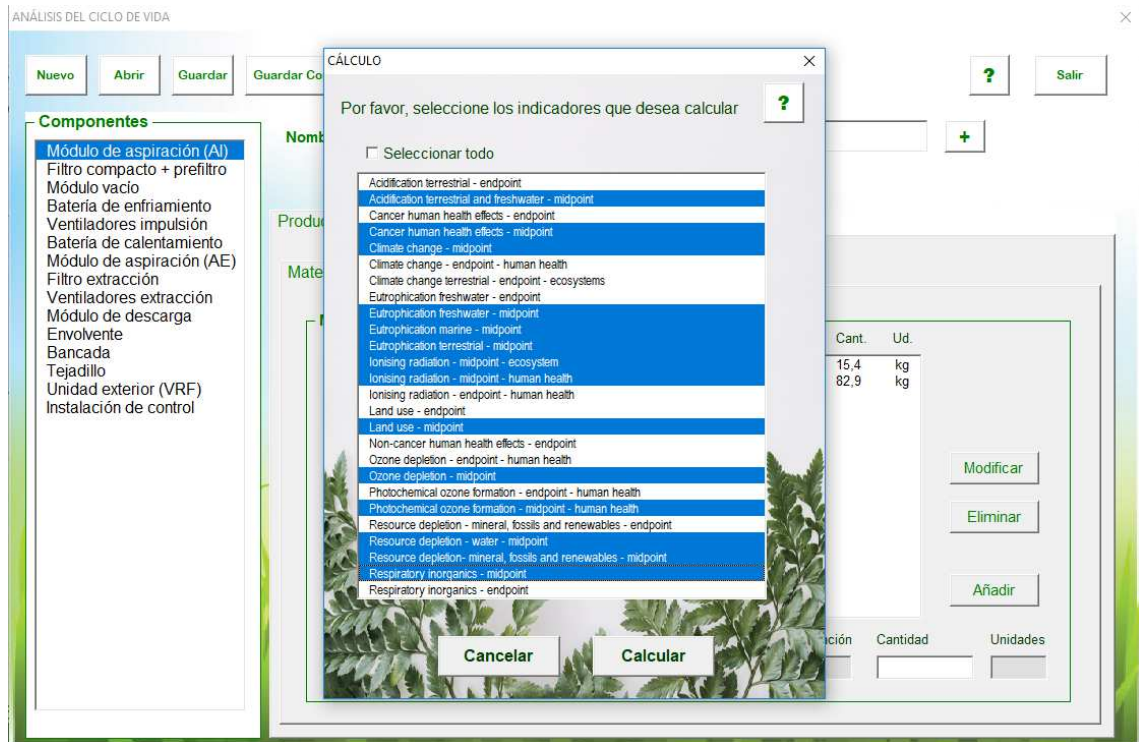


Imagen 8. Ventana de cálculo

El programa iniciará el cálculo generando dos archivos Excel. El primero de ellos (Imagen 9) solamente contiene los datos introducidos relativos al proyecto, y también se crea pulsando los botones “**Guardar**” o “**Guardar como**” de la ventana principal. El propósito de este archivo es poder recuperar el proyecto cuando se desee y editarlo.

A1	COMPONENTE						
	A	B	C	D	E	F	G
	COMPONENTE	FASE	RECURSO	PROCESO	CANTIDAD	UNIDADES	CANTIDAD REFERENCIA
1	Módulo de aspiración (AI)	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminum extrusion profile, primary production, production mix, at plant; aluminum semi-finished extrusion pr	15,4	kg	1000 09215eb0-5f9c-11d6-ad8b-0800200c9a66.xml.xls
2	Módulo de aspiración (AI)	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Steel hot dip galvanized, including recycling, blast furnace route, production mix, at plant; 1kg, typical thickness t	82,9	kg	1 76c51ef-2d85-481c-b943-3b148d9f9500.xml.xls
3	Módulo de aspiración (AI)	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	5,821	*km	1 b444f4d1-3393-11d6-bd11-0800200c9a66.xml.xls
4	Módulo de aspiración (AI)	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Steel hot dip galvanized, including recycling, blast furnace route, production mix, at plant; 1kg, typical thickness t	71,55	kg	1 76c51ef-2d85-481c-b943-3b148d9f9500.xml.xls
5	Filtro compacto + prefiltro	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminum extrusion profile, primary production, production mix, at plant; aluminum semi-finished extrusion pr	16,2	kg	1000 09215eb0-5f9c-11d6-ad8b-0800200c9a66.xml.xls
6	Filtro compacto + prefiltro	PRODUCCIÓN	TRANSPORTE	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	8,827	*km	1 b444f4d1-3393-11d6-bd11-0800200c9a66.xml.xls
7	Filtro compacto + prefiltro	PRODUCCIÓN	TRANSPORTE	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	160,478	*km	1 b444f4d1-3393-11d6-bd11-0800200c9a66.xml.xls
8	Filtro compacto + prefiltro	USO Y MANTENIMIENTO	OTROS	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	12	kg	1000 09215eb0-5f9c-11d6-ad8b-0800200c9a66.xml.xls
9	Módulo vacío	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Steel hot dip galvanized, including recycling, blast furnace route, production mix, at plant; 1kg, typical thickness t	47,1	kg	1 76c51ef-2d85-481c-b943-3b148d9f9500.xml.xls
10	Módulo vacío	PRODUCCIÓN	TRANSPORTE	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	3,473	*km	1 b444f4d1-3393-11d6-bd11-0800200c9a66.xml.xls
11	Módulo vacío	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Steel hot dip galvanized, including recycling, blast furnace route, production mix, at plant; 1kg, typical thickness t	70,39	kg	1 76c51ef-2d85-481c-b943-3b148d9f9500.xml.xls
12	Batería de enfriamiento	PRODUCCIÓN	TRANSPORTE	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	230,308	*km	1 b444f4d1-3393-11d6-bd11-0800200c9a66.xml.xls
13	Batería de enfriamiento	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Steel hot dip galvanized, including recycling, blast furnace route, production mix, at plant; 1kg, typical thickness t	155,23	kg	1 76c51ef-2d85-481c-b943-3b148d9f9500.xml.xls
14	Ventiladores impulsión	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminum extrusion profile, primary production, production mix, at plant; aluminum semi-finished extrusion pr	16,2	kg	1000 09215eb0-5f9c-11d6-ad8b-0800200c9a66.xml.xls
15	Ventiladores impulsión	PRODUCCIÓN	TRANSPORTE	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	266,909	*km	1 b444f4d1-3393-11d6-bd11-0800200c9a66.xml.xls
16	Ventiladores impulsión	USO Y MANTENIMIENTO	ENERGÍA	Electricity grid mix, AC, consumption mix, at consumer; 230V	2895005	MJ	3,6 d4412b28-acd6-4825-ba8d-05a5c53ab61a.xml.xls
17	Ventiladores impulsión	USO Y MANTENIMIENTO	MATERIALES	Steel hot dip galvanized, including recycling, blast furnace route, production mix, at plant; 1kg, typical thickness t	27,93	kg	1 76c51ef-2d85-481c-b943-3b148d9f9500.xml.xls
18	Batería de calentamiento	PRODUCCIÓN	TRANSPORTE	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	96,955	*km	1 b444f4d1-3393-11d6-bd11-0800200c9a66.xml.xls
19	Batería de calentamiento	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Steel hot dip galvanized, including recycling, blast furnace route, production mix, at plant; 1kg, typical thickness t	4,24	kg	1 76c51ef-2d85-481c-b943-3b148d9f9500.xml.xls
20	Módulo de aspiración (AE)	PRODUCCIÓN	TRANSPORTE	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	0,258	*km	1 b444f4d1-3393-11d6-bd11-0800200c9a66.xml.xls
21	Módulo de aspiración (AE)	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Steel hot dip galvanized, including recycling, blast furnace route, production mix, at plant; 1kg, typical thickness t	58,57	kg	1 76c51ef-2d85-481c-b943-3b148d9f9500.xml.xls
22	Filtro extracción	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminum extrusion profile, primary production, production mix, at plant; aluminum semi-finished extrusion pr	16,2	kg	1000 09215eb0-5f9c-11d6-ad8b-0800200c9a66.xml.xls
23	Filtro extracción	PRODUCCIÓN	TRANSPORTE	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	16,899	*km	1 b444f4d1-3393-11d6-bd11-0800200c9a66.xml.xls
24	Filtro extracción	USO Y MANTENIMIENTO	OTROS	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	466,5	*km	1 b444f4d1-3393-11d6-bd11-0800200c9a66.xml.xls
25	Filtro extracción	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Steel hot dip galvanized, including recycling, blast furnace route, production mix, at plant; 1kg, typical thickness t	135,33	kg	1 76c51ef-2d85-481c-b943-3b148d9f9500.xml.xls
26	Ventiladores extracción	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminum extrusion profile, primary production, production mix, at plant; aluminum semi-finished extrusion pr	16,2	kg	1000 09215eb0-5f9c-11d6-ad8b-0800200c9a66.xml.xls
27	Ventiladores extracción	PRODUCCIÓN	TRANSPORTE	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	235,7	*km	1 b444f4d1-3393-11d6-bd11-0800200c9a66.xml.xls
28	Ventiladores extracción	USO Y MANTENIMIENTO	ENERGÍA	Electricity grid mix, AC, consumption mix, at consumer; 230V	1255133	MJ	3,6 d4412b28-acd6-4825-ba8d-05a5c53ab61a.xml.xls
29	Ventiladores extracción	USO Y MANTENIMIENTO	MATERIALES	Steel hot dip galvanized, including recycling, blast furnace route, production mix, at plant; 1kg, typical thickness t	4,87	kg	1 76c51ef-2d85-481c-b943-3b148d9f9500.xml.xls
30	Módulo de descarga	PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminum extrusion profile, primary production, production mix, at plant; aluminum semi-finished extrusion pr	41,9	kg	1000 09215eb0-5f9c-11d6-ad8b-0800200c9a66.xml.xls
31	Módulo de descarga	PRODUCCIÓN	TRANSPORTE	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	7,433	*km	1 b444f4d1-3393-11d6-bd11-0800200c9a66.xml.xls
32	Módulo de descarga	USO Y MANTENIMIENTO	OTROS	Articulated lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4-mix; 40 t total weight; 27 t max payload	16,899	*km	1 b444f4d1-3393-11d6-bd11-0800200c9a66.xml.xls

Imagen 9. Archivo Excel de datos del proyecto

El segundo de ellos (Imagen 10), contiene los datos relativos al cálculo de los impactos del ciclo de vida del producto estudiado, así como las tablas y gráficas que relacionan los impactos con los procesos, componentes, fases del ciclo de vida y tipo de recursos empleados. Este archivo también se utiliza para realizar comparaciones de productos pulsando el botón “Comparar”.

	A	B	C	D	E
	COMPONENTES	FASE	RECURSO	PROCESO	FLUJO
1	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic air		
2	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic barium sulfate		
3	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic baryte		
4	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic bauxite		
5	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic bentonite		
6	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic biomass; 14.7 MJ/kg		
7	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic brown coal; 11.9 MJ/kg		
8	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic calcium carbonate		
9	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic calcium chloride		
10	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic carbon dioxide		
11	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic chromium		
12	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic clay		
13	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic colemanite		
14	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic copper		
15	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic crude oil; 42.3 MJ/kg		
16	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic dolomite		
17	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic fluor spar		
18	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic gold		
19	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic ground water		
20	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic gypsum		
21	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic hard coal; 26.3 MJ/kg		
22	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic inert rock		
23	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic iron		
24	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic kaolin		
25	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic lake water		
26	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic lead		
27	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic magnesite		
28	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic magnesium chloride		
29	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic manganese		
30	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic molybdenum		
31	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic natural aggregate		
32	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic natural aggregate		
33	Módulo de aspiración (AI) PRODUCCIÓN	MATERIALES	Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrinsic natural aggregate		

Imagen 10. Archivo Excel del cálculo del proyecto

Capítulo 4.- Análisis del ciclo de vida de dos deshumidificadoras

En este capítulo se ha realizado el ACV de dos deshumidificadoras diseñadas por Evair S.L. (empresa fabricante de equipos HVAC localizada en Zaragoza), desarrollados conforme a las especificaciones de las normativas ISO 14040:2006 [9] e ISO 14044:2006 [10], y empleando para el cálculo de los resultados la herramienta en VBA propuesta en este TFM.

Una deshumidificadora es un equipo tipo climatizador con estructura de perfilería y panel tipo sándwich en su envoltorio, que contiene componentes como ventiladores, intercambiadores de calor, filtros, compresores...con el objetivo de controlar temperatura y humedad en locales con elevada producción de vapor como piscinas cubiertas.

Los dos productos que se han estudiado han sido: una deshumidificadora con recuperador aire-aire y unidad exterior VRF, y una deshumidificadora sin recuperador aire-aire y unidad exterior VRF.

4.1. Definición del objetivo y alcance

4.1.1. Objetivo

El objetivo de este estudio es la evaluación y comparación de los impactos ambientales de dos equipos deshumidificadores de diferente diseño, que han sido alternativas para un mismo proyecto desarrollado por Evair S.L.

Inicialmente, el público al que va dirigido este estudio es la empresa Evair S.L. propietaria de los equipos y promotora del mismo. En caso de que el estudio se desee usar en aseveraciones comparativas abiertas al público en un futuro, sería necesaria la realización de una revisión crítica por parte de un experto externo conforme a la normativa internacional [9], [10].

Por ello, las principales aplicaciones del estudio son la elaboración de una guía de producto para informar sobre sus impactos ambientales, así como posicionar ambientalmente los equipos.

4.1.2. Alcance

Función y unidad funcional

La función de estas deshumidificadoras es la climatización de una piscina cubierta situada en Zaragoza mediante el control de la temperatura y la humedad del recinto.

La unidad funcional que se ha considerado para los equipos es la capacidad de deshumectación de 75 kg/h de agua, con un caudal de 24000 m³/h de aire en unas condiciones de entrada de 28 °C y 65 % HR, y unas condiciones de salida de 19,67 °C y 89,2 % HR, con una vida útil mínima del equipo de 10 años.

Límites del sistema

El ACV ha sido realizado de acuerdo al concepto “de la cuna a la tumba”, es decir, se han considerado todas las etapas desde la extracción de materiales hasta el fin de vida del producto. En la Figura 10 se muestran las actividades incluidas en el análisis.

La primera de las fases del esquema “producción de componentes” hace referencia a la fabricación por parte de terceros de los componentes del equipo como pueden ser ventiladores o baterías.

La segunda de las etapas “fabricación del producto final” considera el ensamblaje de todos los componentes, la fabricación de la envolvente y la bancada de las deshumidificadoras, así como el transporte al destino final. Estos procesos son desarrollados por Evair S.L.

Finalmente, en la tercera y cuarta etapa, “uso y mantenimiento” y “fin de vida” respectivamente, se han tenido en cuenta el uso de energía durante su vida útil, el mantenimiento de los equipos, el transporte una vez llevado a cabo el desmantelamiento y la disposición final del producto.

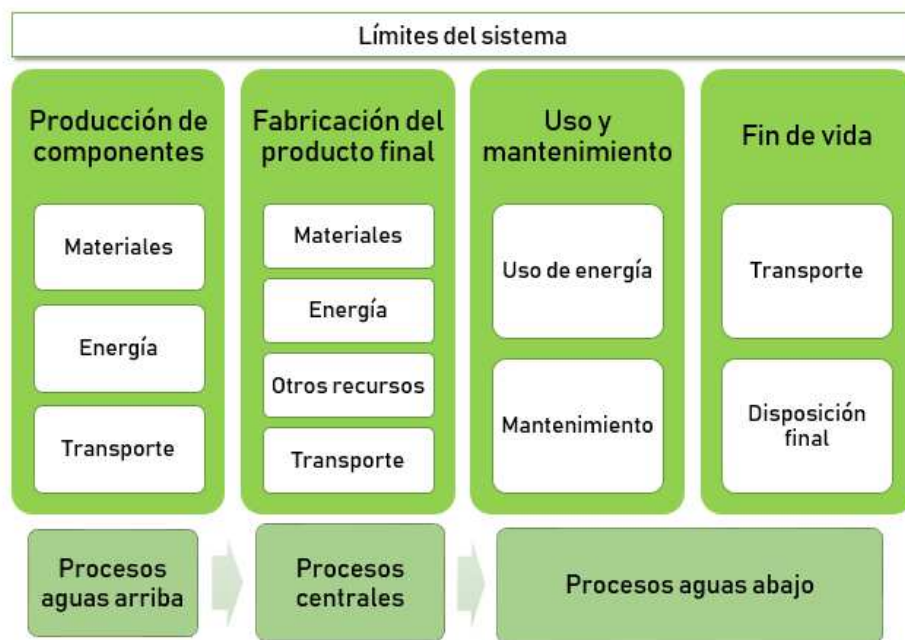


Figura 10. Actividades y etapas incluidas en el ACV de las deshumidificadoras

En la Tabla 6 se describen detalladamente los aspectos ambientales incluidos y excluidos en el inventario del ciclo de vida de las deshumidificadoras. Además, en el *Anexo VII.- Diagrama de flujo de las deshumidificadoras* se muestra un esquema detallado de los componentes y procesos considerados en el ACV de las deshumidificadoras.

Criterios de corte y asignaciones

A continuación, se describen los criterios de corte aplicados en el ACV de ambos equipos:

- En la fabricación del producto final se han excluido las esquinas y piezas de unión entre paneles y perfiles, siendo $< 1 \%$ el flujo de masa obviado en ambos casos.
- Los actuadores, interruptores y cableado del sistema de control no se ha considerado, siendo $< 0,5 \%$ el flujo de masa no incluido.
- La energía empleada por las herramientas de mano durante la fabricación se ha excluido.

Respecto a las asignaciones, en las etapas de producción de componentes, uso y mantenimiento y fin de vida, se han empleado datos de procesos procedentes de BBDD por lo que las asignaciones ya han sido aplicadas por el propietario de dichos estudios.

En cuanto a la fabricación de una deshumidificadora, así como de otros equipos HVAC, se trata de manufactura discreta, por lo que no se han empleado asignaciones ya que los datos de los que se dispone son conocidos por unidad.

Tabla 6. Descripción de los aspectos ambientales incluidos y excluidos en el inventario de ciclo de vida de las deshumidificadoras

Etapas	Aspectos ambientales incluidos	Aspectos ambientales excluidos
Producción de componentes	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovisionamiento de materias primas. • Transporte de los componentes hasta el centro de fabricación final. 	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos generados durante el proceso de fabricación de los componentes. • Embalaje de los componentes. • Transporte de las materias primas hasta el centro de fabricación del componente. • Energía empleada en la producción. • Procesos previos involucrados en la fabricación de partes de los componentes. • Maquinaria empleada.
Fabricación del producto final	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales empleados en la fabricación de la envolvente y la bancada de las deshumidificadoras. • Consumo de energía durante el proceso de ensamblaje y montaje. • Posibles consumos de agua y combustibles empleados durante esta etapa. • Transporte del producto hasta su ubicación final. 	<ul style="list-style-type: none"> • Embalaje del producto final. • Residuos materiales generados durante este proceso de fabricación. • Transporte de personal hasta la ubicación final del equipo. • Recursos materiales empleados en la instalación de las deshumidificadoras. • Impacto ambiental de las herramientas empleadas para el ensamblaje.
Uso y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de energía, agua y combustible durante el periodo de vida de las deshumidificadoras. • Reemplazamiento de los filtros aproximadamente cada 3 meses. • Transporte de componentes a reemplazar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos materiales y humanos empleados durante el reemplazo de los componentes.
Fin de vida	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de los componentes hasta el centro correspondiente final. • Disposición final conforme a la normativa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos materiales y humanos empleados durante el desmantelamiento. • Posible reciclaje o reutilización de ciertos componentes.

4.2. Análisis de inventario

A continuación, se describen los recursos considerados en el ACV. El perfil de emisiones es asignado a cada proceso mediante el uso de la BBDD ELCD [18].

4.2.1. Materiales

En el abastecimiento de materiales para la fabricación de las deshumidificadoras se pueden diferenciar dos líneas de análisis.

La primera de ellas hace referencia a las materias primas propiamente dichas, como perfiles de aluminio, planchas de acero galvanizado o espuma de poliuretano. La cantidad de estas materias primas ha sido proporcionada por Evair S.L. y se han asignado a su proceso correspondiente de la BBDD ELCD, exceptuando a la espuma de poliuretano y al refrigerante R410A cuyos datos se han obtenido de estudios previos de ACV [38], [39], y se han introducido en el programa como datos externos.

La segunda línea considera el abastecimiento de componentes intermedios, como ventiladores, intercambiadores de calor, filtros o equipos VRF. De este grupo, la fabricación de ventiladores, así como de equipos VRF ha sido excluida del ACV debido a la limitación de datos disponibles. Respecto a los intercambiadores de calor, los filtros y el recuperador aire-aire, se han realizado las siguientes aproximaciones:

- Intercambiadores de calor aire-agua:
 - 10 % en peso acero galvanizado
 - 50 % en peso aluminio
 - 40 % en peso cobre
- Filtros de bolsas:
 - 40 % en peso acero galvanizado
 - 60 % en peso fibra de poliéster
- Filtros compactos:
 - 40 % en peso acero galvanizado
 - 60 % en peso fibra de vidrio
- Recuperador aire-aire:
 - 100 % aluminio

Por otra parte, durante la fase del ciclo de vida de uso y mantenimiento de las deshumidificadoras, se estima necesario el recambio de los filtros cada 3 meses.

En la Tabla 7 se muestran las entradas de materiales de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire y en la Tabla 8 los inputs relativos a la deshumidificadora con recuperador aire-aire. Para una información técnica más detallada de los equipos consultar el Anexo VIII.- Ficha técnica de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire y el Anexo IX.- Ficha técnica de la deshumidificadora con recuperador aire-aire

Tabla 7. Entradas de materiales de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire

	Componentes	Concepto	Cantidad	Ud.
PRODUCCIÓN	Módulo de aspiración (AI)	Aluminio	15,40	kg
		Acero galvanizado	82,90	kg
	Filtro compacto + prefiltro	Acero galvanizado	76,71	kg
		Fibra de poliéster	7,74	kg
		Aluminio	16,20	kg
	Módulo vacío	Aluminio	12,00	kg
		Acero galvanizado	47,10	kg
	Batería de enfriamiento	Acero galvanizado	87,29	kg
		Aluminio	84,50	kg
		Cobre	67,60	kg
	Ventiladores impulsión	Acero galvanizado	155,23	kg
		Aluminio	16,20	kg
	Batería de calentamiento	Acero galvanizado	35,23	kg
		Aluminio	36,50	kg
		Cobre	29,20	kg
	Módulo de aspiración (AE)	Acero galvanizado	4,24	kg
	Filtro extracción	Acero galvanizado	103,57	kg
		Aluminio	16,20	kg
		Fibra de vidrio	22,50	kg
	Ventiladores extracción	Acero galvanizado	185,33	kg
		Aluminio	16,20	kg
	Módulo descarga	Aluminio	41,90	kg
		Acero galvanizado	4,87	kg
	Envolvente	Aluminio	167,58	kg
	Bancada	Acero galvanizado	302,20	kg
	Tejadillo	Acero galvanizado	182,70	kg
	Unidad exterior (VRF)	Cobre	15,71	kg
		R410A	34,00	kg
USO Y MANTENIMIENTO	Filtro compacto + prefiltro	Acero galvanizado	206,40	kg
		Fibra de poliéster	309,60	kg
	Filtro extracción	Acero galvanizado	600	kg
		Fibra de vidrio	900	kg

Tabla 8. Entradas de materiales de la deshumidificadora con recuperador aire-aire

	Componentes	Concepto	Cantidad	Ud.
PRODUCCIÓN	Módulo de aspiración (AI)	Aluminio	15,40	kg
		Acero galvanizado	82,90	kg
	Filtro compacto + prefiltro	Acero galvanizado	78,76	kg
		Fibra de poliéster	7,74	kg
		Aluminio	16,20	kg
	Recuperador aire-aire	Aluminio	197,06	kg
		Acero galvanizado	160,44	kg
	Módulo vacío	Aluminio	12,00	kg
		Acero galvanizado	60,13	kg
	Batería de enfriamiento	Acero galvanizado	85,24	kg
		Aluminio	84,50	kg
		Cobre	67,60	kg
	Ventiladores impulsión	Acero galvanizado	153,35	kg
		Aluminio	16,20	kg
	Batería de calentamiento	Acero galvanizado	35,23	kg
		Aluminio	36,50	kg
		Cobre	29,20	kg
	Módulo de aspiración (AE)	Acero galvanizado	4,24	kg
	Filtro extracción	Acero galvanizado	105,29	kg
		Aluminio	16,20	kg
		Fibra de vidrio	22,50	kg
	Ventiladores extracción	Acero galvanizado	199,46	kg
		Aluminio	16,20	kg
	Módulo descarga	Aluminio	41,90	kg
		Acero galvanizado	4,87	kg
	Envolvente	Aluminio	231,69	kg
	Bancada	Acero galvanizado	390,8	kg
	Tejadillo	Acero galvanizado	176	kg
	Unidad exterior (VRF)	Cobre	15,71	kg
		R410A	34,00	kg
USO Y MANTENIMIENTO	Filtro compacto + prefiltro	Acero galvanizado	206,40	kg
		Fibra de poliéster	309,60	kg
	Filtro extracción	Acero galvanizado	600	kg
		Fibra de vidrio	900	kg

4.2.2. Energía

Respecto a la cuantificación de consumos de energía, en la fase de producción, se ha realizado una estimación de la energía empleada en la fabricación de los componentes intermedios recibidos por Evair S.L.

El consumo del proceso de fabricación de una batería se ha estimado en 0,75 MJ/kg [40]. La energía empleada en la fabricación de los filtros se ha desestimado, ya que la fase de producción de estos solo representa el 20 % en la evaluación de impactos del ACV [41]. Los datos referentes al resto de componentes no se encuentran disponibles.

Centrando la atención en el uso de los equipos, el gasto energético se ha calculado a partir de los consumos de los ventiladores, la instalación de control auxiliar, el recuperador aire-aire, las baterías y la unidad exterior de producción tipo VRF. Todos estos datos han sido proporcionados por Evair S.L.

Los ventiladores se han considerado en funcionamiento las 24 horas del día con una pérdida de carga en los filtros promedio de las pérdidas iniciales (filtros limpios) y finales (filtros colmatados). Además, el consumo de la instalación de control se ha estimado en 1 % de la potencia total de los ventiladores.

Finalmente, el consumo de la unidad exterior VRF ligado a las baterías se ha realizado suponiendo que el equipo funciona todas las horas del año, bien recirculando aire, bien tomando aire seco del exterior [42]. Para más información consultar el *Anexo X.- Consideraciones de cálculo en el consumo de la VRF*.

En la Tabla 9 se muestran los valores finales de energía empleados en el ACV.

Tabla 9. Consumos de energía considerados en el ACV de las deshumidificadoras

	Equipo	Componente	Total (MJ)
PRODUCCIÓN	Deshumidificadora sin recuperador aire-aire	Batería enfriamiento	126,75
		Batería calentamiento	54,75
	Deshumidificadora con recuperador aire-aire	Batería enfriamiento	126,75
		Batería enfriamiento	54,75
USO Y MANTENIMIENTO	Deshumidificadora sin recuperador aire-aire	Ventiladores (AI)	2.895.004,80
		Ventiladores (AE)	1.255.132,80
		Instalación de control	41.501,38
		VRF	4.303.008
	Deshumidificadora con recuperador aire-aire	Ventiladores (AI)	3.465.806,40
		Ventiladores (AE)	1.759.708,80
		Instalación de control	52.255,15
		Recuperador aire-aire	24.034,30
		VRF	2.369.412

4.2.3. Transporte

Respecto a los procesos de transporte, todos los materiales empleados en la fabricación de la envolvente y la bancada se suministran en camión desde los alrededores de Zaragoza, aproximadamente 30 km hasta la sede de Evair S.L.

El suministro de los componentes también se realiza en camión. Se han estimado las siguientes distancias:

- Recuperador aire-aire: República Checa, aprox. 2.126 km
- Ventiladores: Frankfurt (Alemania), aprox. 1.631 km
- Intercambiadores de calor: Milán (Italia), aprox. 1.313 km
- Filtros: Madrid, aprox. 290 km
- VRF: Barcelona, aprox. 325 km. Más 13.000 km en barco desde Guangdong (China).

Asimismo, el transporte del equipo final hasta la ubicación donde es instalado se realiza en camión estimando una distancia de 21 km.

4.2.4. Fin de vida

Finalmente, el fin de vida de la deshumidificadora debe realizarse conforme a la legislación vigente en el lugar en que se instala el equipo. En este caso, tras el desmantelamiento del equipo, éste debe ser trasladado al punto limpio más cercano.

En el ACV, se ha considerado que este lugar se encuentra a 30 km. Posteriormente, todos los componentes serán depositados en sus respectivos vertederos, exceptuando el acero galvanizado que será reciclado.

4.3. Evaluación de los impactos ambientales del ciclo de vida

Una vez recopilados los datos relativos al uso de recursos y emisiones, ha de realizarse el cálculo del comportamiento medioambiental de los productos.

Para ello, se ha empleado la herramienta en VBA propuesta en este TFM. Conforme se ha comentado, los modelos y categorías con los que cuenta la herramienta provienen de la BBDD ELCD [18] siendo todos ellos aceptados internacionalmente. Para más información consultar el *Anexo V.- Base de Datos de Evaluación de Impactos ELCD*.

Se han escogido las categorías de impacto disponibles “de punto medio” (midpoint) ya que se encuentran más desarrolladas científicamente e introducen menor subjetividad [13]:

- Acidificación terrestre y de agua dulce/ Acidification terrestrial and freshwater
- Efectos cancerígenos en la salud humana/ Cancer human health effects
- Cambio climático/ Climate change
- Eutrofización de agua dulce/ Eutrophication freshwater
- Eutrofización marina/ Eutrophication marine
- Eutrofización terrestre/ Eutrophication terrestrial
- Radiación ionizante/ Ionising radiation
- Radiación ionizante/ Ionising radiation
- Uso del suelo/ Land use
- Disminución de ozono/ Ozone depletion
- Formación de ozono fotoquímico/ Photochemical ozone formation
- Disminución de agua/ Resource depletion - water
- Disminución de recursos minerales, fósiles y renovables/ Resource depletion - mineral, fossils and renewables
- Partículas inorgánicas/ Respiratory inorganics

Respecto a las fases de normalización y ponderación, no se ha realizado ninguna de ellas siguiendo la recomendación de la normativa [9], [10].

4.4. Interpretación de los resultados

En este apartado, se exponen los resultados obtenidos con la herramienta en VBA del análisis de ciclo de vida de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire y la deshumidificadora con recuperador aire-aire.

4.4.1. Resultados deshumidificadora sin recuperador aire-aire

En la Figura 11 se muestra la contribución de impactos ambientales de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire según sus fases de ciclo de vida.

Como se puede apreciar, la fase de uso y mantenimiento es la mayor contribuyente en todos los impactos calculados con un aporte de más del 90 % del total, exceptuando a la categoría eutrofización del agua dulce donde la fase de fin de vida afecta en aproximadamente el 25 % del total. Asimismo, la fase de producción apenas tiene relevancia en los resultados finales, participando en menos de un 5 % en la categoría de eutrofización del agua dulce, un 1,5 % en efectos cancerígenos en la salud humana y un 0,5 % en el cambio climático.

Finalmente, se puede observar que la categoría de impacto de disminución de recursos fósiles y minerales es cero ya que no se han considerado consumos de combustibles o minerales cuyas reservas se consideren en peligro de agotamiento.

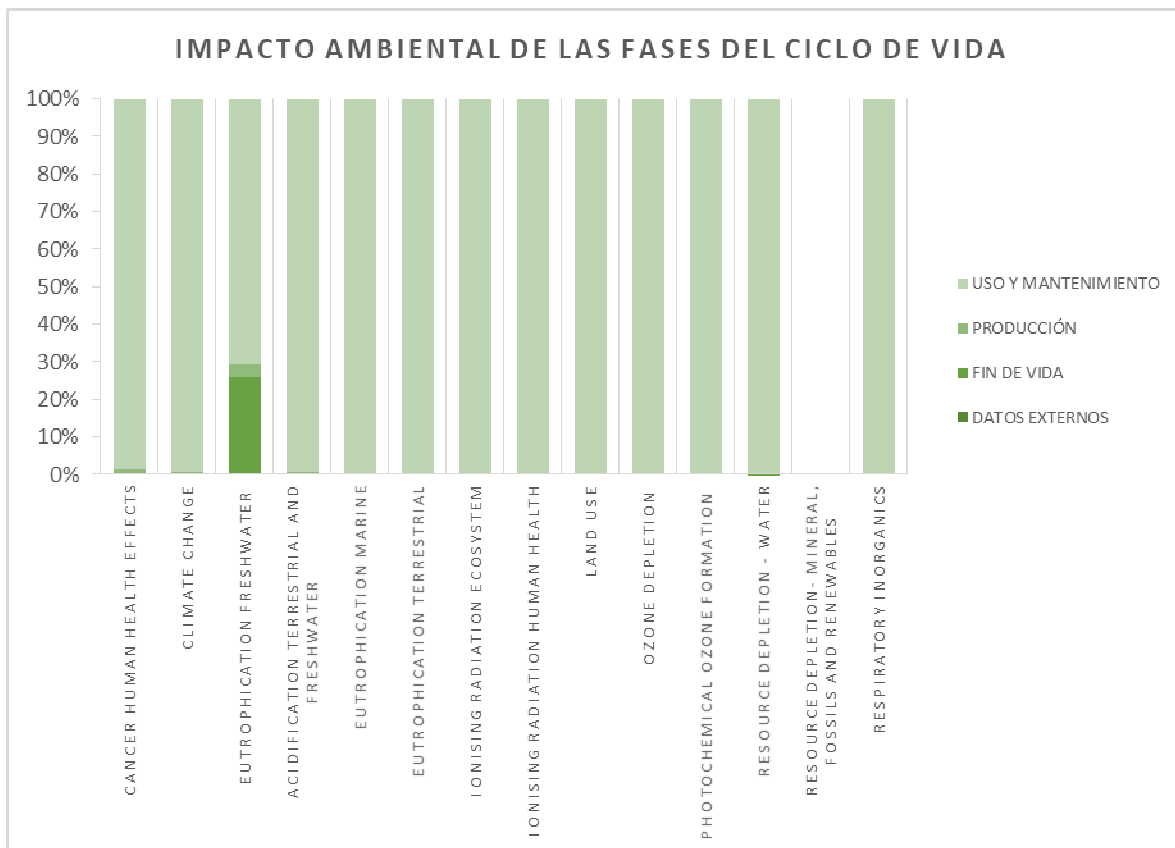


Figura 11. Gráfica impactos ambientales de las fases de ciclo de vida de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire

Estudiando los impactos ambientales de la deshumidificadora conforme a sus componentes (Figura 12), se observa que los ventiladores de impulsión y retorno junto con la unidad exterior VRF son los componentes con mayor contribución a los impactos ambientales, ya que se trata de los elementos que consumen más energía durante la fase de uso y mantenimiento del ciclo de vida del equipo.

Asimismo, los filtros del aire de retorno y del aire de impulsión, así como la espuma de poliuretano contribuyen en aproximadamente un 40 % del impacto ambiental eutrofización del agua dulce.

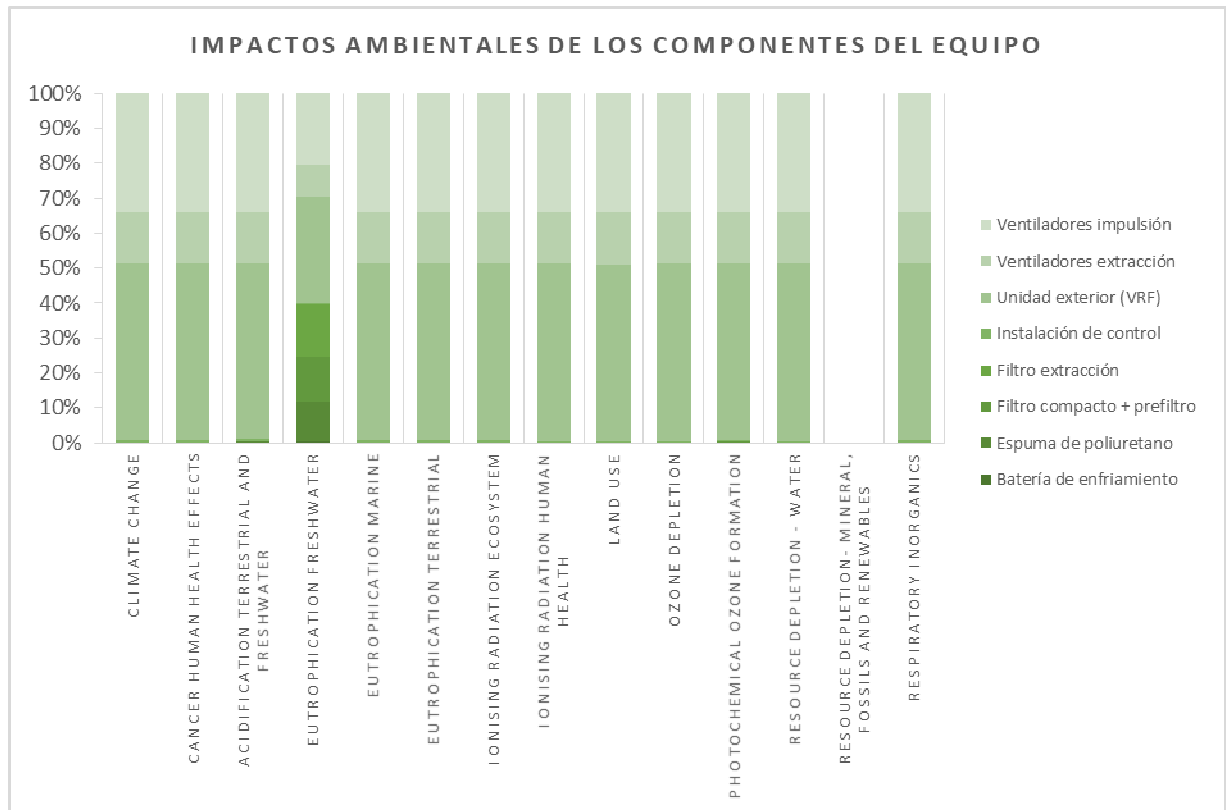


Figura 12. Gráfica impactos ambientales de los componentes de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire

En el Anexo XI.- Resultados del ACV de la deshumidificadora sin recuperador se pueden consultar las tablas de resultados obtenidas con la herramienta en VBA.

4.4.2. Resultados deshumidificadora con recuperador aire-aire

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el cálculo del ACV, valorando los impactos ambientales en función de las fases del ciclo de vida del equipo (Figura 13), y de los componentes (Figura 14).

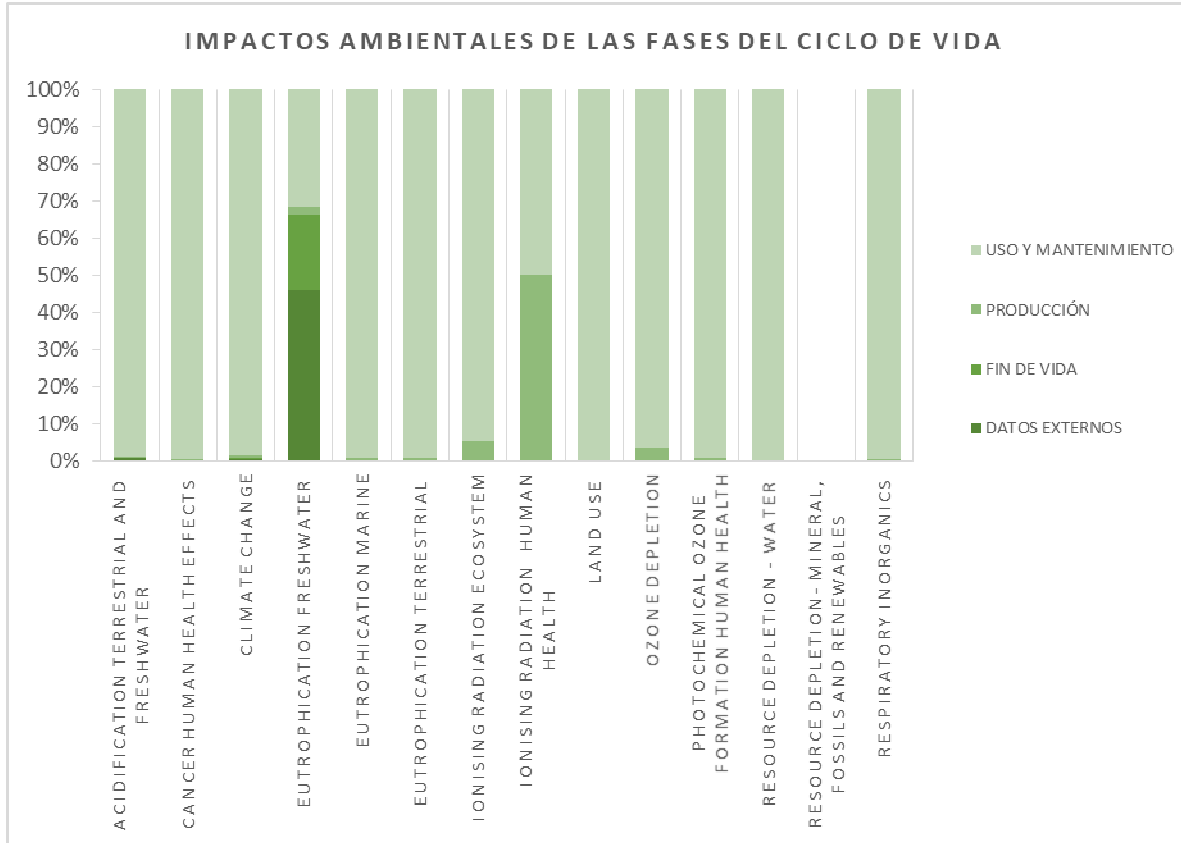


Figura 13. Gráfica impactos ambientales de las fases de ciclo de vida de la deshumidificadora con recuperador aire-aire

Como se observa en la gráfica, la fase del ciclo de vida que más impactos ambientales origina es el uso y mantenimiento, al igual que en el caso anterior. Sin embargo, se pueden destacar las categorías de radiación ionizante y disminución del ozono ya que la fase de producción gana relevancia, así como la categoría de eutrofización del agua dulce, en la que la fase de uso y mantenimiento solo contribuye en un 30 %.

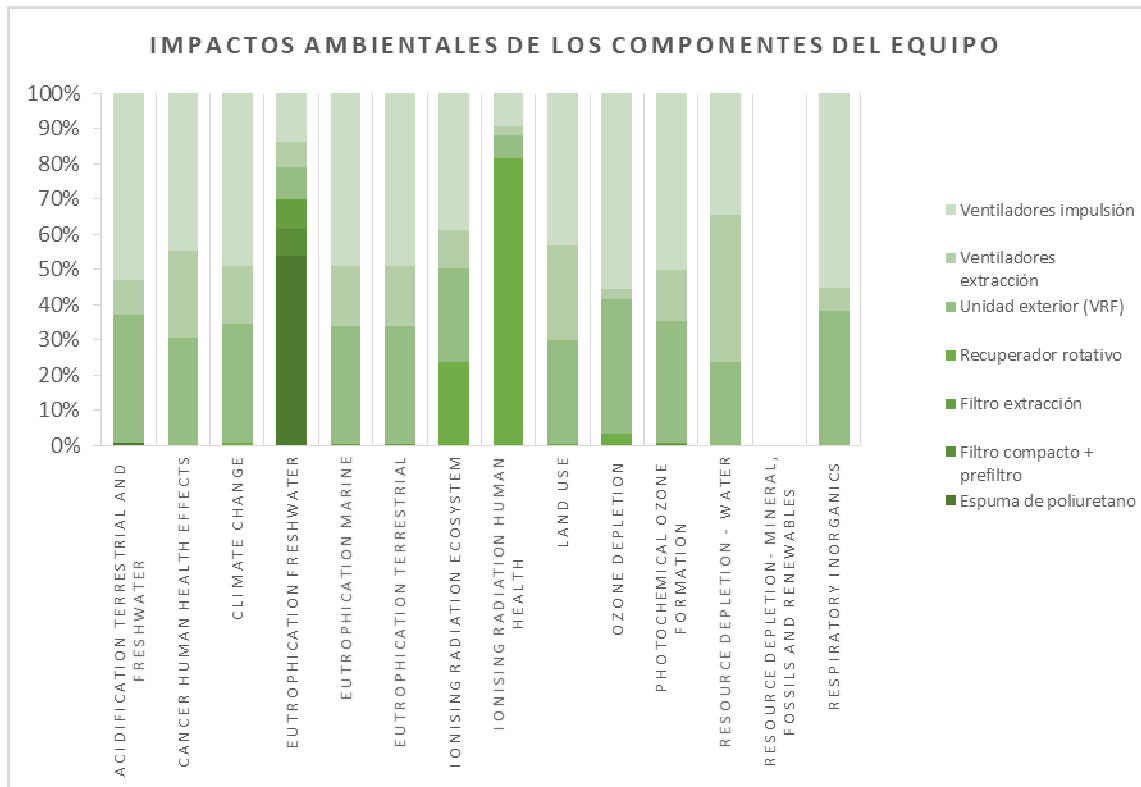


Figura 14. Gráfica impactos ambientales de los componentes de la deshumidificadora con recuperador aire-aire

Como se observa en la figura anterior, la energía consumida por ventiladores, recuperador aire-aire y unidad exterior VRF sigue originando los mayores impactos ambientales del ciclo de vida del equipo.

Sin embargo, el recuperador aire-aire, elemento diferencial en este equipo, contribuye notablemente a las radiaciones ionizantes, no solo por su consumo energético sino también por su composición en aluminio.

Asimismo, la espuma de poliuretano tiene un importante impacto en la eutrofización con un aporte de aproximadamente el 50 % del total.

En el *Anexo XII.- Resultados del ACV de la deshumidificadora con recuperador* se pueden consultar las tablas de resultados obtenidas con la herramienta en VBA.

4.4.3. Comparación de los resultados de las deshumidificadoras

Finalmente, se ha realizado una comparación de los impactos ambientales obtenidos para ambos equipos. En la Figura 15 se muestran las contribuciones a los impactos ambientales de los dos equipos.

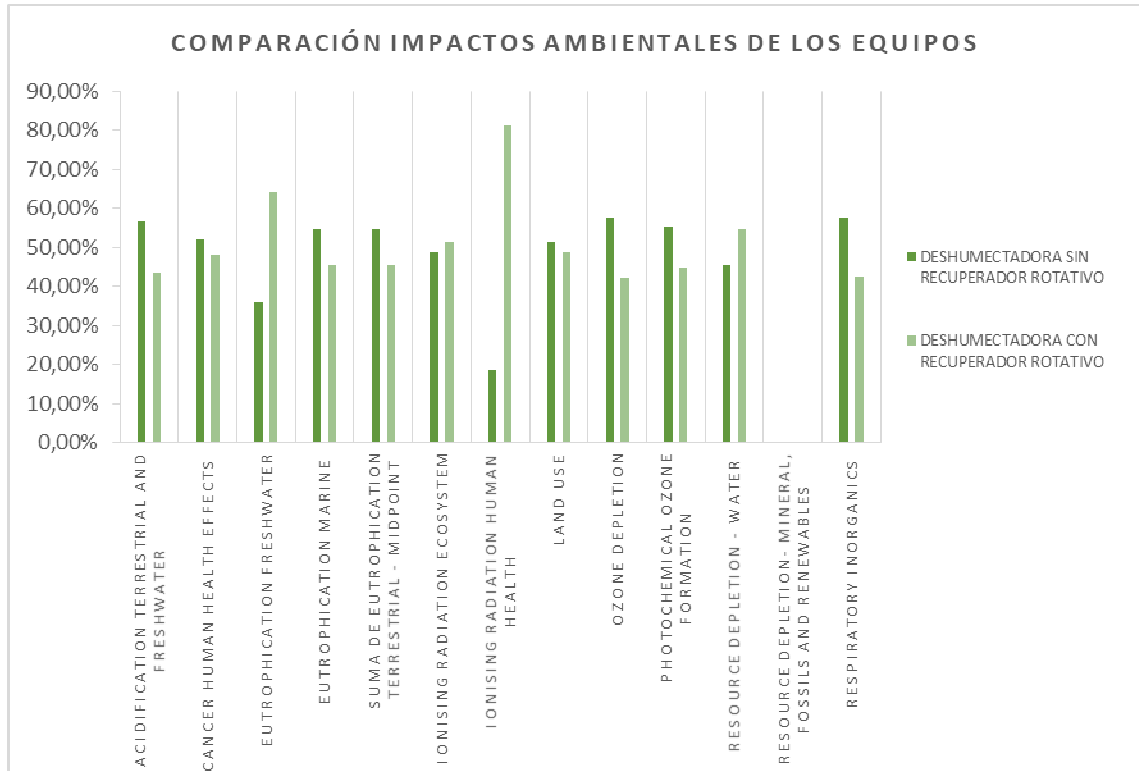


Figura 15. Gráfica comparación de los impactos ambientales de los dos equipos

Como se puede observar, la incorporación del recuperador aire-aire contribuye favorablemente a reducir prácticamente todos los impactos ambientales, entre aproximadamente un 10 – 20 %.

Las reducciones más significativas se observan en las categorías de acidificación terrestre y acuática (13 %), degradación de la capa de ozono (15 %) y partículas inorgánicas respiratorias (15 %).

Sin embargo, el incremento de materiales empleados en el recuperador y la estructura de la deshumidificadora, afectan de manera negativa a la radiación ionizante y, la eutrofización y disminución del agua dulce.

Capítulo 5.- Análisis de los resultados

En este capítulo se analizan y evalúan los datos y decisiones empleados en la realización del ACV de las dos deshumidificadoras.

5.1. Evaluación de la calidad de los datos

De acuerdo a lo descrito anteriormente, los datos empleados en estos estudios de ACV proceden de diversos orígenes.

La BBDD de datos ELCD ha sido empleada en asignaciones de emisiones para cada proceso considerado. Esta BBDD cuenta con una buena calidad de datos, formados en parte por mediciones de las industrias de interés, en parte por bibliografía especializada. Además, cuenta con la aprobación y revisión de los datos por un grupo de expertos. Sin embargo, los datos empleados tienen, en general, una antigüedad entre 10 y 15 años [18].

Los datos de inventario de los equipos y consumos han sido proporcionados por el fabricante, Evair S.L., así esta información se considera primaria y con una buena correlación geográfica y temporal.

Finalmente, los datos externos empleados proceden de fuentes fiables, aunque no están correlacionados tecnológicamente y geográficamente, conociéndose su valoración como aproximaciones y suposiciones.

La calidad de los datos se ha evaluado mediante la realización de la matriz de pedigrí [14].

Tabla 10. Matriz de pedigrí para el ACV de las deshumidificadoras

Indicador de calidad de dato	Calificación
Fiabilidad	3
Integridad	3
Correlación temporal	3
Correlación geográfica	2
Correlación tecnológica	4

Como se observa en la calificación anterior, la correlación geográfica es de buena calidad, mientras que la fiabilidad, integridad y correlación temporal son aceptables. Por lo que se podrían actualizar las BBDD si estuviesen disponibles, así como realizar comparaciones con otros estudios para verificar los datos empleados y resultados obtenidos.

Sin embargo, el peor puntuado de los indicadores es la correlación tecnológica debido a la falta de conocimiento de todos los procesos de fabricación que afectan a las materias primas, pues se han empleado datos de procesos y materiales relacionados. Por ello, una investigación más detallada de los procesos externos podría mejorar este indicador.

5.2. Análisis de integridad

Conforme a la recomendación de las normas ISO 14040 [9] e ISO 14044 [10], se ha realizado un análisis de integridad con el objetivo de determinar las fases e información empleados en el ACV y si se necesita mejorar la adquisición de datos.

En la Tabla 11 se muestra la verificación del análisis de integridad realizado.

Tabla 11. Verificación del análisis de integridad

Proceso unitario	Deshumidificadora sin recuperador aire-aire	¿Completo?	Deshumidificadora con recuperador aire-aire	¿Completo?
Suministro de componentes	✓	NO	✓ x	NO
Fabricación equipo	✓	SI	✓ x	SI
Transporte de materiales	✓	SI	✓ x	SI
Suministro de energía	✓	SI	✓ x	SI
Embalaje	-	NO	-	NO
Mantenimiento	✓ x	SI	✓ x	SI
Fin de vida	✓ x	NO	✓ x	NO

En ambos equipos se han considerado las mismas etapas de ciclo de vida y cuentan con las mismas limitaciones.

Como se ha comentado anteriormente, los datos de suministro de componentes se encuentra incompletos debido a la falta de los mismos en la literatura. Una posible solución sería ponerse en contacto con los fabricantes de estos equipos para conocer su proceso de fabricación o realizar un estudio de la manufactura del equipo en profundidad, pero queda fuera del alcance de este trabajo.

Asimismo, en ambos estudios se ha supuesto que los equipos son desmantelados y desechados. Para mejorar esta línea de análisis se podría realizar un estudio en profundidad sobre la gestión de residuos o incluso la reutilización de diversos componentes de los equipos.

Finalmente, en ninguno de los dos equipos se ha considerado el embalaje, no solo de los equipos terminados sino también de sus componentes.

5.3. Análisis de coherencia

Este análisis se debe realizar en estudios de ACV que realizan comparaciones entre distintas opciones, como es el caso. Con el objetivo de identificar posibles diferencias en las fuentes de datos, exactitud de los datos, cobertura tecnológica o cobertura geográfica, entre otros.

Como se ha expuesto durante el TFM, la BBDD empleada, las suposiciones, las descripciones de procesos y los cálculos se han realizado empleando los mismos recursos y siguiendo los mismos métodos. Por tanto, se considera que sí existe coherencia.

Capítulo 6.- Conclusiones

La metodología de ACV aplicada a un producto o servicio se presenta como una importante línea de desarrollo, debido a que permite estudiar todas las fases a lo largo de su vida y centrar esfuerzos en disminuir los impactos ambientales. Por tanto, esta metodología consiste en el análisis de los flujos materiales y energéticos que interaccionan con el objeto de estudio durante su ciclo de vida, originando un importante volumen de datos que gestionar.

La herramienta desarrollada en VBA permite la realización de ACV de equipos HVAC. Su diseño estructurado en las secciones de componentes del equipo y datos de inventario de ciclo de vida presenta la ventaja de obtener los resultados agrupados en función de diferentes categorías, como componentes, fases del ciclo de vida o tipos de recursos empleados. Estos resultados son obtenidos en una hoja de cálculo de Excel, lo que otorga al usuario la posibilidad de analizarlos fácilmente tanto empleando tablas como gráficos.

Además, el programa no solo incorpora una BBDD de datos externa libre, sino que también admite datos de ACV de componentes o procesos que posea el usuario, ya sean proporcionados por proveedores o por otros estudios.

Finalmente, los estudios de ACV realizados en el ámbito empresarial, en colaboración con Evair S.L., demuestran que la herramienta propuesta permite su implementación sobre sistemas, como los HVAC, con éxito. Dando lugar a resultados como que los recursos energéticos empleados en la fase de ciclo de vida de “uso y mantenimiento” generan los mayores impactos ambientales de los equipos y, por ello, el uso de sistemas de recuperación disminuye estos valores en gran parte de las categorías ambientales analizadas.

El estudio de ACV realizado se considera suficientemente válido ya que cuenta con una buena calidad de datos y coherencia, aunque se han omitido diversos procesos y componentes debido a limitaciones en su disponibilidad.

En caso de considerar en un futuro el objetivo de emplear el estudio en comparaciones públicas, algunas posibles líneas de trabajo serían:

- Profundización en el conocimiento de los recursos empleados en los procesos de fabricación de los componentes como ventiladores, baterías y filtros.
- Cuantificación de los residuos generados durante la fabricación de los equipos.
- Estudio en detalle del proceso de gestión de residuos de los equipos en la fase de fin de vida.
- Análisis de sensibilidad de incertidumbre de los datos, incluyendo el análisis de Montecarlo en la herramienta en VBA y cuantificando incertidumbres asociadas a los datos cuando estén disponibles.

Bibliografía

- [1] Unión Europea, «Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de Octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética,» *Diario Oficial de la Unión Europea*, pp. 1-56, 2012.
- [2] A. Aranda Usón y I. Zabalza Bribián, *Ecodiseño y Análisis de Ciclo de Vida*, Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2010.
- [3] R. De Paco, Interviewee, *La directiva Ecodesign en el sector de la climatización*. [Entrevista]. 27 Agosto 2018.
- [4] P. Budí, Interviewee, *Evolución del mercado de la climatización durante los últimos 50 años*. [Entrevista]. 2 Octubre 2017.
- [5] Unión Europea, «Reglamento (UE) nº 517/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de Abril de 2014 sobre los gases fluorados de efecto invernadero,» *Diario Oficial de la Unión Europea*, pp. 1-36, 2014.
- [6] Unión Europea, «Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de Octubre de 2009 por la que se instaure un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía,» *Diario Oficial de la Unión Europea*, pp. 1-26, 2009.
- [7] ISO 14001:2015, *Sistemas de gestión ambiental - Requisitos con orientación para su uso*, 2015.
- [8] Ihobe, «Análisis de ciclo de vida y huella de carbono, dos maneras de medir el impacto de un producto,» Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Gobierno Vasco, Bilbao, 2009.
- [9] UNE-EN ISO 14040:2006, *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia*, 2006.
- [10] UNE-EN ISO 14044:2006, *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices*, 2006.
- [11] European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance*, 1ª ed., Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2010.
- [12] European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - Specific Guide for Life Cycle Inventory Data Sets*, 1ª ed., Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2010.
- [13] S. Álvarez Gallego, *La huella del carbono y el análisis de ciclo de vida*, vol. 5, Madrid:

AENOR Internacional, S.A.U., 2017.

- [14] B. P. Wedeima y M. S. Wesnaes, «Data quality management for life cycle inventories-an example of using data quality indicators,» *J. Cleaner Prod.*, vol. 4, nº 3-4, p. 8, 1996.
- [15] European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - Analysis of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment, 1ª ed., Luxemburgo: Publications Office of European Union, 2010.
- [16] A. P. Acero, C. Rodríguez y A. Ciroth, «LCIA methods. Impact assessment methods in Life Cycle Assessment and their impact categories,» GreenDelta GmbH, Berlín, 2017.
- [17] ISO/TS 14048:2002 , *Environmental management - Life Cycle assessment - Data documentation format*, 2002.
- [18] European Commission - Joint Research Centre, «European Platform on Life Cycle Assessment,» [En línea]. Available: <http://eplca.jrc.ec.europa.eu>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].
- [19] GreenDelta GmbH, «openLCA Nexus,» GreenDelta GmbH, [En línea]. Available: <https://nexus.openlca.org/databases>. [Último acceso: 18 Agosto 2018].
- [20] World Resources Institute (WRI); World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), «GREENHOUSE GAS PROTOCOL,» [En línea]. Available: <https://ghgprotocol.org/life-cycle-databases>. [Último acceso: 18 Agosto 2018].
- [21] European Commission - Joint Research Centre, «European Platform on Life Cycle Assessment - Resources Directory: List of databases,» [En línea]. Available: <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ResourceDirectory/faces/databases/databaseList.xhtml>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].
- [22] «SVI,» [En línea]. Available: <http://svi-verpackung.ch/fr/Services/Publications-1>. [Último acceso: 18 Agosto 2018].
- [23] Ecoinvent, «Ecoinvent database,» [En línea]. Available: <https://www.ecoinvent.org/database/ecoinvent-34/ecoinvent-34.html>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].
- [24] Bureau Veritas, «CODDE: Design Sustainable Development Environment,» [En línea]. Available: <https://codde.fr/en/our-software/eime-en/eime-presentation>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].
- [25] The European Steel Association (EUROFER AISBL), «EUROFER: The European Steel Association,» [En línea]. Available: <http://www.eurofer.be/>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].
- [26] Eastern Research Group Inc., «Franklin Associates,» [En línea]. Available: <http://www.fal.com/>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].

- [27] Thinkstep AG, «Thinkstep Gabi,» [En línea]. Available: <http://www.gabi-software.com>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].
- [28] National Renewable Energy Laboratory, «U.S. Life Cycle Inventory Database,» 19 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://uslci.lcacommons.gov/uslci/search>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].
- [29] European Commission - Joint Research Centre, «European Platform on Life Cycle Assessment - Resources Directory: List of tools,» [En línea]. Available: <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ResourceDirectory/faces/tools/toolList.xhtml>. [Último acceso: 17 Agosto 2018].
- [30] National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), «Research Center for Life Cycle Assessment,» LCA-Center, AIST, [En línea]. Available: <https://www.aist-riss.jp/old/lca/cie/activity/software/aist/outline.html>. [Último acceso: 17 Agosto 2018].
- [31] National Institute of Standards and Technology (NIST)-U.S. Department of Commerce, «National Institute of Standards and Technology (NIST)-BEES,» U.S. Department of Commerce, 19 Mayo 2009. [En línea]. Available: <https://www.nist.gov/services-resources/software/bees>. [Último acceso: 17 Agosto 2018].
- [32] Institute of Environmental Sciences - Leiden University, «CMLCA: Scientific Software for LCA, IOA, EIOA and More,» Leiden University, 2004 Mayo 26. [En línea]. Available: <http://www.cmlca.eu/>. [Último acceso: 17 Agosto 2018].
- [33] GreenDelta GmbH, «openLCA,» [En línea]. Available: <http://www.openlca.org/>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].
- [34] PRé Consultants, «SimaPro,» [En línea]. Available: <https://simapro.com/>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].
- [35] PwC, «Ecobilan,» [En línea]. Available: <https://ecobilan.pwc.fr/en/boite-a-outils/team.html.html>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].
- [36] ifu hamburg: Member of iPoint Group, «ifu hamburg: Umberto,» [En línea]. Available: <https://www.ifu.com/en/umberto/?>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].
- [37] United Nations, «The Global LCA Data Access,» [En línea]. Available: <https://www.globalcadataaccess.org/>. [Último acceso: 22 Agosto 2018].
- [38] Spray polyurethane foam alliance, *Life Cycle Assessment of Spary Polyurethane Foam Insulation for Residential & Commercial Building Applications*.
- [39] Gas Servel, «GasServel,» [En línea]. Available: <https://www.gas-servei.com/es/componentes/sustitutos-directos-del-r12/r-410a>. [Último acceso: 9 Agosto 2018].
- [40] Adolfsson, Marcus; Shivan, Rashid, *Life Cycle Assessment and Life Cycle Cost of Heat Exchangers*, Gothenburg: Chalmers University of Technology, 2016.

- [41] Eurovent, «Recommendation concerning air filters for better indoor air quality,» 2009.
- [42] I. Sangüesa Serrano, *Diseño y cálculo de unidades deshumidificadoras de aire para piscinas*, Zaragoza, 2017.
- [43] European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, Life cycle indicators for resources, products and waste, Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2012, pp. 1 - 104.
- [44] European Comission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, Characterisation factors of the ILCD Recommended Life Cycle Impact Assessment methods. Database and Supporting Information, Primera ed., Luxemburgo: Publicacions Office of the European Union, 2012, pp. 1-31.
- [45] European Commssion - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - Framework and Requirements for Life Cycle Impacts Assessment Models and Indicators, Primera ed., Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2010, pp. 1-116.
- [46] M. Vallejo Antón, *Utilización del Análisis de Ciclo de Vida en la Evaluación del Impacto Ambiental del Cultivo Bajo Efecto Invernadero*, Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2004, pp. 43-80.
- [47] R. Frischknecht, N. Jungbluth, H.-J. Althaus, C. Bauer, G. Doka, R. Dones, R. Hischier, S. Hellweg, S. Humbert, T. Köllner, Y. Loerincik, M. Margni y T. Nemecek, Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. Ecoinvent report No 3, v2.0., Dübendorf: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2007.
- [48] GreenDelta GmbH, «LCIA methods: ILCD 2011 v1.0.10 method update in openLCA,» 2017.
- [49] R. Frischknecht, A. Braunschweig, H. P. y S. P., «Modelling human health effects of radioactive releases in Life Cycle Impact Assessment.,» *nvironmental Impact Assessment Review*, nº 20 (2) , pp. 159-189, 2000.
- [50] J. C. Garnier-Laplace, K. Beaugelin-Seiller, R. Gilbin, C. Della-Vedova, O. Jolliet y J. Payet, «A Screening Level Ecological Risk Assessment and ranking method for liquid radioactive and chemical mixtures released by nuclear facilities under normal operating conditions,» *Radioprotection*, nº 44 (5), pp. 903-908, 2009.
- [51] J. Seppälä, M. Posch, M. Johansson y J. Hettelingh, «Country-dependent Characterization factors for Acidification and Terrestrial Eutrophication Based on Accumulated Exceedance as an Impact Category Indicator.,» *International Journal of Life Cycle Assessment*, nº 11 (6), pp. 403 - 416, 2006.
- [52] M. Posch, J. Seppälä, J. Hettelingh, M. Johansson, M. M. y O. Jolliet, «The role of atmospheric dispersion models and ecosystem sensitivity in the determination of characterisation factors for acidifying and eutrophying emissions in LCIA.,» *International Journal of Life Cycle Assessment*, nº 13, pp. 477- 486, 2008.
- [53] L. Milà i Canals, J. Romanyà y S. Cowell, «Method for assessing impacts on life support

functions (LSF) related to the use of 'fertile land' in Life Cycle Assessment (LCA).», *J Clean Prod*, nº 15 1426-1440, 2007b.

- [54] Universidad Autónoma de Madrid, «Método de Montecarlo,» [En línea]. Available: https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/carlosp/html/pid/montecarlo.html. [Último acceso: 01 09 2018].
- [55] J. Gómez Cadenas, *El método de Montecarlo*, 2005.
- [56] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, 2001.
- [57] U.S. Department of Energy's (DOE), Building Technologies Office (BTO), National Renewable Energy Laboratory (NREL), «Energy Plus,» [En línea]. Available: <https://energyplus.net/weather>. [Último acceso: 05 09 2018].
- [58] T. Urtis, *Excel VBA 24-Hour Trainer*, Segunda ed., Indianápolis: John Wiley & Sons, Inc., 2015.
- [59] Reengineering Operations GroupWork Logistics Excellence (ROGLE), Manual básico para empezar a trabajar con macros de VBA para Excel, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2014.
- [60] P. Kelly, «Excel Macro Mastery,» 2018. [En línea]. Available: <https://excelmacromastery.com>. [Último acceso: 30 Agosto 2018].

Anexos

Anexo I.- Categorías de impacto

En este anexo se describen brevemente las categorías de impacto medioambiental más comunes empleadas en los estudios de ACV. Además, también se explica la diferencia entre los efectos últimos seleccionados para evaluar las categorías de impacto.

1.1. Categorías de impacto

1.1.1. Cambio climático/ Climate change

Esta categoría se define como la variación en la temperatura global (calentamiento global) causada por la emisión de gases de efecto invernadero procedentes de actividades humanas [16].

El modelo de caracterización está basado en los factores desarrollados por el IPCC conforme a los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, teniendo en cuenta al menos los siguientes gases: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs y SF₆ [43].

Estos factores están cuantificados como “Potencial de Calentamiento Global” (GWP, en inglés) en diferentes horizontes de tiempo y se expresan en las unidades de referencia kg CO₂ equivalente [16], [44].

Asimismo, el uso directo de estos factores se recomienda para evaluar el efecto en el punto medio (“midpoint”). La evaluación en el punto final se debe realizar cuantificando los efectos causados por el aumento de temperatura global en la salud humana, como malaria o malnutrición, y en los ecosistemas, como desaparición de las especies y cambios en biomasa [45].

1.1.2. Acidificación/ Acidification

Consiste en la deposición de ácidos en el suelo y el agua generados por la liberación a la atmósfera de compuestos químicos ácidos como NO₂, NH₃ y SO_x. Esto varía la acidez del medio con el consiguiente efecto sobre la flora y la fauna [16], [43], [45].

Esta categoría de impacto suele expresarse en kg de SO₂ equivalente o moles de H⁺ equivalente.

1.1.3. Degradación de la capa de ozono/ Ozone layer depletion

La capa de ozono presente en la estratosfera actúa como un filtro absorbiendo la radiación ultravioleta (UV). La disminución de esta capa provoca un incremento en la radiación UV que llega a la tierra afectando tanto a la salud humana (aumento de cáncer de piel, cataratas, supresión del sistema inmunitario...) como al ecosistema (producción agrícola, degradación de materiales plásticos...) [13], [16], [45], [46].

Las principales causas de la disminución del ozono son las emisiones de compuestos fluorocarbonados (CFCs y HCFCs) y bromados presentes en refrigerantes, aerosoles, disolventes y espumas aislantes que provocan la descomposición del ozono [13], [43].

El modelo de caracterización para esta categoría ha sido desarrollado por la Organización Meteorológica Mundial (WMO, en inglés) y los resultados son expresados en kg de CFC-11 equivalente [16].

1.1.4. Oxidación fotoquímica/ Photochemical ozone creation potential

La oxidación fotoquímica es una contaminación originada por la reacción de compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno con la luz, formando ozono a nivel de suelo y produciendo el fenómeno conocido como smog (niebla contaminante) causante de enfermedades respiratorias y asma en humanos [13], [16].

Esta categoría de impacto depende de las emisiones de CO, NMVOC, NO_x, SO₂ y CH₄, y emplea el indicador kg de C₂H₄ equivalente [16], [43].

1.1.5. Eutrofización/ Eutrophication

En esta categoría se incluyen los impactos debidos a un alto nivel de macronutrientes en el agua, nitrógeno (N) y fósforo (P). Esto causa un crecimiento excesivo de la vegetación en los ríos (algas) provocando disminución del oxígeno del ecosistema acuático, y llegando a causar una importante reducción de la calidad del agua y la muerte de otras vidas acuáticas, como peces [13], [16].

Los principales causantes de este fenómeno son las emisiones en el suelo y el agua de amonio (NH₄⁺), nitratos (NO₃⁻), óxidos de nitrógeno (NO_x) y fósforo (S). Los modelos desarrollados por el cálculo de esta categoría consideran el uso de fertilizantes como uno de los impulsores de esta contaminación [13], [16].

La unidad de referencia empleada en este caso es kg PO₄³⁻ equivalente [16].

1.1.6. Ecotoxicidad/ Ecotoxicity

La ecotoxicidad se define como la posibilidad de causar daños a las plantas y los animales valorando la toxicidad en función de su concentración. Esta categoría se evalúa en tres campos diferentes: agua dulce, agua marina y suelo.

El cálculo se realiza mediante el modelo desarrollado por USEtox y las unidades de referencia pueden ser kg 1,4-DB equivalente, PDF (Potentially Disappeared Fraction of species) o PAF (Potentially Affected Fraction of species) [16].

1.1.7. Toxicidad humana/ Human toxicity

El potencial de toxicidad humano es un índice calculado que refleja el daño de una sustancia química liberada al medioambiente, y considera la toxicidad inherente del compuesto y su dosis potencial. Algunas de estas sustancias son arsénico (Ar), dicromato de sodio (Na₂Cr₂O₇) y fluoruro de hidrógeno (HF) [16].

Esta categoría de impacto considera las emisiones al aire, al agua y al suelo ya que los impactos de las diferentes sustancias dependen de cómo los seres humanos están expuestos a ellas. Además, habitualmente se consideran por separado los efectos cancerígenos y no cancerígenos [13].

Las unidades de referencia pueden ser kg 1,4-DB equivalente o DALY (Disability-adjusted life year) [16].

1.1.8. Radiación ionizante/ Ionising radiation

Esta categoría de impacto relaciona el daño a la salud humana y los ecosistemas con las emisiones de radionucleidos de un producto a lo largo de su ciclo de vida [16].

Se consideran las radiaciones tipo α -, β -, rayos γ y neutrones. La caracterización del modelo tiene en cuenta las emisiones y el cálculo de su comportamiento radiante. Las unidades empleadas son kg de U^{235} equivalente [16].

1.1.9. Partículas inorgánicas/ Particulate matter

En esta categoría de impacto se considera la exposición a contaminantes peligrosos del aire, en concreto, a las pequeñas partículas presentes en el aire como consecuencia de la combustión de combustibles, la incineración de residuos, la construcción, el polvo agrícola o los incendios [13].

Este material particulado es una causa importante de problemas respiratorios y también puede contribuir a problemas cardíacos. En general, cuanto menor es el tamaño de la partícula, mayor es el daño causado [13].

Las unidades empleadas en esta categoría son kg de PM_{10} equivalente, por ejemplo partículas inorgánicas de tamaño $10\ \mu m$ [16].

1.1.10. Disminución de recursos/ Depletion of abiotic resources

Esta categoría valora la disminución en la disponibilidad de recursos naturales como minerales, combustibles fósiles, metales, agua, etc.

Los modelos empleados para cuantificar esta categoría dependen de la cantidad de recurso existente y de su ratio de extracción. Las unidades empleadas pueden ser kg Sb equivalente, m^3 de agua consumida o MJ de combustibles fósiles, entre otras [16].

1.1.11. Uso del suelo/ Land use

La evaluación del uso del suelo se trata de una categoría compleja sobre la cual no existe un consenso de indicadores a emplear [46]. Principalmente, se centra en valorar los impactos de la ocupación del suelo como la extinción de especies debido a la pérdida del hábitat.

Las unidades empleadas en esta categoría son PDF/m^2 o m^2a [16].

1.2. Puntos de evaluación "midpoint" y "endpoint" de las categorías de impacto

Una importante diferencia que se debe tener en cuenta al seleccionar las categorías de impacto del ACV es la opción de analizar el efecto último del impacto ambiental "endpoint" o considerar el efecto intermedio "midpoint".

Las categorías de impacto ambiental intermedias valoran la relación causa-efecto de las emisiones con el entorno. Estas relaciones se encuentran, en general, bien establecidas. Por tanto, estas categorías de impacto predominan en las metodologías de caracterización [13].

En cuanto a las categorías de impacto ambientales finales, se basan en cuantificar la consecuencia final. Se trata de variables que afectan directamente a la sociedad, por lo que su elección resultaría más relevante y comprensible a escala global. Sin embargo, la metodología necesaria para desarrollar estas categorías no se encuentra plenamente elaborada [46].

La Figura 16 ilustra las relaciones de las categorías de impacto con las intervenciones ambientales y los efectos intermedios y finales.

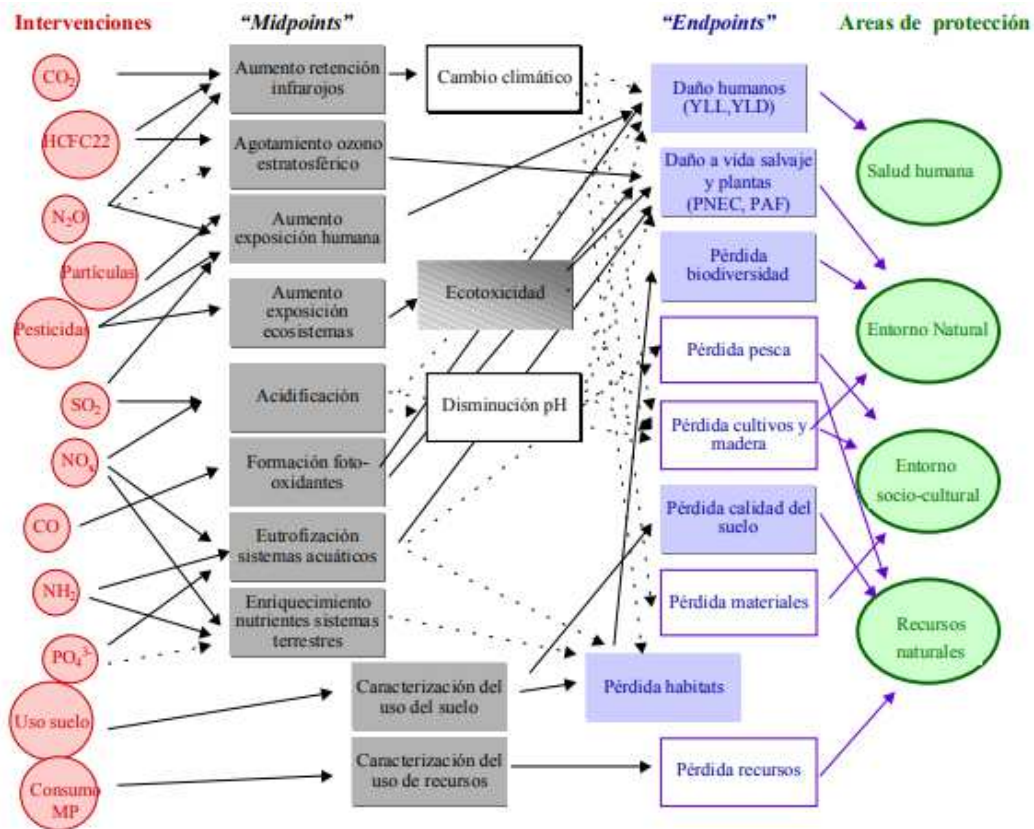


Figura 16. Esquema de las relaciones entre intervenciones ambientales, impactos de efectos intermedios "midpoints", impactos de efectos finales "endpoints" y áreas de protección [46]

Anexo II.- Metodologías de caracterización de impactos

Los avances de los diferentes grupos de investigación han generado diversas metodologías de caracterización con sus respectivas elecciones de impactos y factores de caracterización.

En este anexo se muestra un resumen de las metodologías más importantes.

2.1. CML 2002

Este método fue desarrollado por la Universidad de Leiden (Holanda) en 2001 y considera más de 1.700 flujos elementales en el cálculo de impactos ambientales [16]. La evaluación de estos impactos se considera en el punto medio ("midpoint") [15]. Asimismo, la validez regional para la aplicación de este método es global, exceptuando las categorías de acidificación y oxidación fotoquímica cuya aplicabilidad se limita a Europa [15].

En la Tabla 12 se muestran las categorías de impacto consideradas en el método CML básico (baseline).

Tabla 12. Categorías de impacto consideradas por el método CML (baseline) [16]

Categoría de impacto	Nombre de la categoría de impacto en el método
Acidificación	Acidification potential – average Europe
Cambio climático	Climate change – GWP100
Disminución de recursos	Depletion of abiotic resources – elements, ultimate reserves
	Depletion of abiotic resources – fossil fuels
Ecotoxicidad	Freshwater aquatic ecotoxicity – FAETP inf
	Marine aquatic ecotoxicity – MAETP inf
	Terrestrial ecotoxicity – TETP inf
Eutrofización	Eutrophication - generic
Toxicidad humana	Human toxicity – HTP inf
Degradación de la capa de ozono	Ozone layer depletion – ODP steady state
Oxidación fotoquímica	Photochemical oxidation – high Nox

2.2. Cumulative Energy Demand (CED)

El objetivo de este método es cuantificar la energía primaria consumida por un bien o servicio a lo largo de su ciclo de vida. Por ello, el empleo de este método no reemplaza a otros métodos de evaluación de impactos en el cálculo de categorías [47].

El método fue creado en base al método publicado por Ecoinvent [47]. Los factores de caracterización empleados fueron calculados en base al valor calorífico bruto de diferentes combustibles y materiales [16].

En la siguiente tabla se muestran las categorías de impacto en que se estructura este método.

Tabla 13. Categorías de impacto incluidas en el método Cumulative Energy Demand [16]

Categoría de impacto	Nombre de la categoría de impacto en el método	Unidades de referencia
Recursos no renovables	Fossil	MJ
	Nuclear	MJ
	Primary forest	MJ
Recursos renovables	Biomass	MJ
	Geothermal	MJ
	Solar	MJ
	Wind	MJ
	Water	MJ

2.3. Ecological Scarcity Method (Ecopoints 2006)

Este método se ha diseñado para realizar el cálculo de impactos ambientales como emisiones contaminantes y consumo de recursos mediante el empleo de “Eco - factors”. Estos factores de caracterización son diferentes dependiendo de la sustancia y están basados en leyes u objetivos políticos. Cuanto mayor es el nivel de emisiones o consumos de recursos que excede los objetivos ambientales mayor es el factor aplicado, expresado en (Eco – points) [16].

El principal objetivo de esta metodología es la comparación y mejora de productos o procesos. Debido a ello, es habitualmente empleado en el sistema de gestión ambiental de empresas [15].

En la Tabla 14 se muestran las categorías de impacto consideradas por este método.

Tabla 14. Categorías de impacto consideradas por el método Ecological Scarcity Method [16]

Categoría de impacto	Nombre de la categoría de impacto en el método
Disminución de recursos	Total – Deposited Waste
	Total – Emission into Air
	Total – Emission into Groundwater
	Total – Emission into Surface Water
	Total – Emission into Top Soil
	Total – Energy Resources
	Total – Natural Resources
	Total - Total

2.4. ILCD 2011

ILCD (International Reference Life Cycle Data System) es el resultado del proyecto desarrollado por el Joint Research Centre (JRC-EU) que analizó diversas metodologías de evaluación de impactos, con el fin de alcanzar un consenso en la recomendación de empleo de estas para el cálculo de las categorías de impactos ambientales [16].

En la siguiente tabla se muestran los métodos recomendados en este estudio para el cálculo de las categorías de impacto, evaluadas en el punto medio ("midpoint") y el punto final ("endpoint").

Tabla 15. Métodos recomendados para el cálculo de las categorías de impacto por el estudio ILCD2011 [48]

Categoría de impacto	Método recomendado
Climate change midpoint	IPCC 2007
Climate change endpoint, human health	ReCiPe 2008
Climate change endpoint, ecosystems	ReCiPe 2008
Ozone depletion midpoint	WMO 1999
Ozone depletion endpoint, human health	USEtox
Human toxicity midpoint, cancer effects	USEtox
Human toxicity midpoint, non-cancer effects	USEtox
Human toxicity endpoint, cancer effects	USEtox
Human toxicity endpoint, non-cancer effects	USEtox
Ecotoxicity freshwater midpoint	USEtox
Particulate matter/Respiratory inorganics midpoint	USEtox
Particulate matter/Respiratory inorganics endpoint	USEtox
Ionizing radiation midpoint, human health	Frischknecht et al., 2000 [49]
Ionizing radiation midpoint, ecosystems	Garnier – Laplace et al., 2009 [50]
Ionizing radiation endpoint, human health	WHO
Photochemical ozone formation midpoint, human health	ReCiPe 2008
Photochemical ozone formation endpoint, human health	ReCiPe 2008
Acidification midpoint	Seppälä et al. 2006 [51], Posch et al. 2008 [52]
Acidification endpoint	ReCiPe 2008
Eutrophication terrestrial midpoint	Seppälä et al. 2006 [51], Posch et al. 2008 [52]
Eutrophication freshwater midpoint	ReCiPe 2008
Eutrophication marine midpoint	ReCiPe 2008
Eutrophication freshwater endpoint	ReCiPe 2008
Land use midpoint	Milà i Canals et al., 2007a [53]
Land use endpoint	ReCiPe 2008
Resource depletion water, midpoint	Ecological Scarcity Method 2006
Resource depletion, mineral, fossils and renewables, midpoint	CML 2002
Resource depletion, mineral, fossils and renewables, endpoint	ReCiPe 2008
Resource depletion, mineral, fossils and renewables, endpoint	ReCiPe 2008

2.5. ReCiPe

Este método fue desarrollado por Pré Consultant con el objetivo de proporcionar un método que combinase las características de las metodologías Ecoindicador 99 y CML 2002 [16].

Se distinguen dos niveles de categorías de impacto: en el punto medio (midpoint) y en el punto final (endpoint). A su vez, este último nivel considera tres áreas de protección: salud humana, recursos y ecosistemas [16].

En la Tabla 16 y la Tabla 17 se muestran las categorías de impacto consideradas en el método “ReCiPe midpoint” y “ReCiPe endpoint”, respectivamente.

Tabla 16. Categorías de impacto consideradas en el método ReCiPe midpoint [16]

Categoría de impacto	Nombre de la categoría de impacto en el método
Acidificación	Terrestrial acidification
Cambio climático	Climate change
Disminución de recursos	Fossil depletion
	Metal depletion
	Water depletion
Ecotoxicidad	Freshwater ecotoxicity
	Marine ecotoxicity
	Terrestrial ecotoxicity
Eutrofización	Freshwater eutrophication
	Marine eutrophication
Toxicidad humana	Human toxicity
Radiación ionizante	Ionising radiation
Uso del suelo	Agricultural land occupation
	Natural land transformation
	Urban land occupation
Degradación de la capa de ozono	Ozone depletion
Partículas inorgánicas	Particulate matter formation
Oxidación fotoquímica	Photochemical oxidant formation

Tabla 17. Categorías de impacto consideradas en el método ReCiPe endpoint [16]

Categoría de impacto	Nombre de la categoría de impacto en el método
Acidificación	Terrestrial acidification
Cambio climático	Climate change
Disminución de recursos	Fossil depletion
	Metal depletion
Ecotoxicidad	Freshwater ecotoxicity
	Marine ecotoxicity
	Terrestrial ecotoxicity
Eutrofización	Freshwater
Toxicidad humana	Human toxicity
Radiación ionizante	Ionising radiation
Uso del suelo	Agricultural land occupation
	Natural land transformation
	Urban land occupation
Degradación de la capa de ozono	Ozone depletion
Partículas inorgánicas	Particulate matter formation
Oxidación fotoquímica	Photochemical oxidant formation

2.6. TRACI

Este método ha sido desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA, en inglés). La metodología emplea parámetros de entrada consistentes con la localización de EE.UU. [16].

En la Tabla 18 se muestran las categorías de impacto incluidas en TRACI.

Tabla 18. Categorías de impacto incluidas en TRACI [16]

Categoría de impacto	Nombre de la categoría de impacto en el método
Acidificación	Acidification
Cambio climático	Global warming
Disminución de recursos	Resource depletion – Fossil fuels
Ecotoxicidad	Ecotoxicity
Eutrofización	Eutrophication, total
Toxicidad humana	Human health – air pollutants criteria
	Human health – carcinogenics
	Human health – non-carcinogenics
Degradación de la capa de ozono	Ozone depletion
Oxidación fotoquímica	Smog formation

2.7. USEtox

USEtox es un método basado en el consenso científico para identificar y obtener los valores de toxicidad humana y ecotoxicidad de los productos químicos en la evaluación del impacto del ciclo de vida. El resultado principal incluye una base de datos de factores de caracterización recomendados e intermedios, que consideran el destino ambiental, la exposición y los parámetros de efecto para la toxicidad humana y la ecotoxicidad [16].

La siguiente tabla muestra las categorías de impacto que contiene este método.

Tabla 19. Categorías de impacto que incluye el método USEtox [16]

Categoría de impacto	Nombre de la categoría de impacto en el método
Ecotoxicidad	Freshwater ecotoxicity
Toxicidad humana	Human health – total impact
	Human health – carcinogenics
	Human health – non-carcinogenics

Anexo III.- Métodos para la evaluación del análisis de sensibilidad

El objetivo del empleo del análisis de sensibilidad en un ACV es evaluar la fiabilidad de los resultados y las conclusiones [13], mediante la determinación de la influencia de las incertidumbres que están presentes en las entradas del modelo. Estas incertidumbres pueden estar asociadas a los datos de inventario, los datos y métodos de evaluación de impacto o los límites del sistema, entre otros.

Existen diferentes métodos para la realización de un análisis de sensibilidad. A continuación, se explican los más comunes.

3.1. Método de Montecarlo

El método de Montecarlo es una técnica numérica que permite calcular probabilidades mediante la simulación de variables aleatorias.

El procedimiento que emplea este método consiste en generar una serie de números, r , uniformemente distribuidos entre $[0,1]$ para, posteriormente, encontrar un conjunto x distribuido conforme a $f(x)$ mediante una transformación $x(r)$ [54], [55]. La Imagen 11 ilustra este procedimiento.

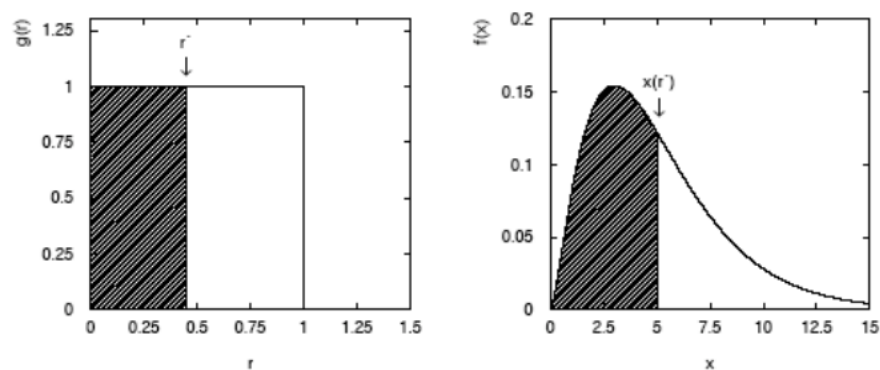


Imagen 11. Procedimiento método de Montecarlo [55]

En este método el error está definido por la Ecuación 2, siendo N el número de iteraciones. Por tanto, cuanto mayor sea el número de iteraciones, valores más precisos son obtenidos [54], [55].

$$\varepsilon = 1/\sqrt{N}$$

Ecuación 2

Debido a esto, el método de Montecarlo requiere el empleo de un ordenador para su aplicación, pudiendo instalar diferentes complementos para el desarrollo de este análisis en un libro de cálculo como Excel. Asimismo, las herramientas más potentes para realización de ACV como openLCA o GaBi, llevan integrada esta función. En la práctica, es posible desarrollar este análisis en función de las opciones de definición del alcance, datos de inventario o métodos de evaluación de impactos, posibilitando la identificación de las opciones de diseño del estudio que pudiesen afectar en mayor medida a los resultados [13].

3.2. Método según orientaciones del IPCC

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, en inglés) ha establecido unas bases para la estimación de las incertidumbres en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero [56].

Estos inventarios son elaborados acorde a la metodología propuesta por el IPCC, basada en la multiplicación de datos de actividad recopilados y factores de impacto, de forma similar al cálculo de un ACV. Por tanto, este método podría aplicarse de igual manera en el análisis de sensibilidad del ACV.

Centrando la atención en “el método de nivel 1”, éste permite determinar las incertidumbres de variables que estén relacionadas mediante sumas o multiplicaciones.

Primero, se deben estimar las incertidumbres individuales de los datos de actividad y de los factores de caracterización mediante el empleo de estudios originales, referencias económicas, interpretaciones de diferentes estadísticas...

Posteriormente, empleando las ecuaciones de propagación de errores

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + (U_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n}$$

(Ecuación 3 y Ecuación 4, para sumas y productos, respectivamente) se pueden combinar las incertidumbres para estimar los valores finales de incertidumbre [56].

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + (U_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n}$$

Ecuación 3

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

Ecuación 4

Los resultados obtenidos no deben ser empleados para cuestionar la validez de los resultados o las estimaciones, sino para ayudar a identificar los aspectos que requieren más esfuerzo para mejorar la exactitud y alinear las decisiones sobre la elección de los datos, el diseño y los métodos del ACV [13].

3.3. Métodos manuales: recomendación de la norma ISO 14044:2006

La norma ISO 14044:2006 [10] sugiere la verificación de los resultados mediante la variación de las suposiciones y los datos de entrada, por ejemplo en un $\pm 25\%$.

Entonces, se comparan ambos resultados, pudiendo expresar la sensibilidad como el porcentaje del cambio en los datos de salida o como una desviación absoluta de los mismos y, sobre esta base, se pueden identificar variaciones significativas en los resultados, por ejemplo mayor al 10 % [10].

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de análisis de sensibilidad mediante este procedimiento.

Tabla 20. Verificación del análisis de sensibilidad de la incertidumbre de los datos [10]

Demanda de carbón mineral	Producción de material	Proceso de fabricación	Utilización	Total
Caso base (MJ)	200	250	350	800
Alteración supuesta (MJ)	200	150	350	700
Desviación (MJ)	0	-100	0	-100
Desviación (%)	0	-40	0	-12,5
Sensibilidad (%)	0	40	0	12,5

Observando la Tabla 20 y conforme a lo descrito anteriormente en este apartado, se puede concluir que la alteración de los datos del proceso de fabricación produce cambios significativos en los resultados. Por tanto, existe una incertidumbre alta que se podría mejorar renovando la colección de datos de entrada.

Anexo IV.- Base de Datos de Inventario de Ciclo de Vida ELCD

En este anexo se muestran los procesos que incluye la BBDD ELCD [18] empleada en este TFM, junto con la cantidad de referencia que considera el proceso y la validez geográfica de los datos.

Tabla 21. Procesos que contiene la BBDD ELCD [18]

NOMBRE PROCESO	REGIÓN	CANTIDAD BASE	UD.
Acrylonitrile-Butadiene-Styrene granulate (ABS); production mix, at plant;	RER	1	kg
Aerated concrete block; mix of P2 04 and P4 05; production mix, at plant; average density 433 kg/m3	RER	1	kg
Aerated concrete block; type P4 05 reinforced; production mix, at plant; average density 485 kg/m3	RER	1	kg
Aluminium extrusion profile; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished extrusion product, including primary production, transformation and recycling	RER	1000	kg
Aluminium sheet; primary production; production mix, at plant; aluminium semi-finished sheet product, including primary production, transformation and recycling	RER	1000	kg
Anhydrite (CaSO4); technology mix of natural (33%), thermal (33%) and synthetic (33%) produced anhydrite; production mix, at plant; grinded and purified product	DE	1	kg
Articulated lorry transport; Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix; 40 t total weight, 27 t max payload	RER	1	t*km
Articulated lorry transport; Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix; 40 t total weight, 27 t max payload	RER	1	kg
Barge; technology mix; 1.228 t pay load capacity	GLO	1	kg
Barge; technology mix; 1.228 t pay load capacity	RER	1	t*km
Bentonite granular, sodium activated; 1000 kg of bentonite sodium activated granular with a particle size ranging from 0.5 to 5 mm and a moisture content ranging between 8 and 13%, stored in silo, ready to be shipped in bulk.; Production at plant; none	RER	1000	kg
Bentonite powder, sodium activated; 1000 kg of bentonite sodium activated powder with particle sizes below 74 µm and a moisture content ranging between 8 and 12%, stored in silo, ready to be shipped in bulk.; Production at plant; None	RER	1000	kg
Benzene; technology mix, from pyrolysis gasoline, reformat and toluene dealkylation; production mix, at plant; liquid	EU-27	1	kg
Beverage carton converting; Converting; converting mix, at plant; beverage carton	EU-27	1000	m2
Bulk carrier ocean; technology mix; 100.000-200.000 dwt	GLO	1	kg
Bulk carrier ocean; technology mix; 100.000-200.000 dwt	RER	1	t*km
Calcium carbonate > 63 microns; Production; at plant;	EU-27	1	kg
Calcium silicate; blocks and elements; production mix, at plant; density 1400 to 2000 kg/m3	RER	1	kg

cartonboard sheets; mixed technology; production mix, at plant; 46% primary fibre, 54% recovered fibre (en);	EU-27	1	kg
Chlorine; production mix for PVC production, at plant;	RER	1	kg
Compressed air; 10 bar, high efficiency; production mix, at plant; low power consumption	EU-27	1	m3
Compressed air; 10 bar, high efficiency; production mix; low power consumption	GLO	1	m3
Compressed air; 10 bar, low efficiency; production mix, at plant; high power consumption	EU-27	1	m3
Compressed air; 10 bar, low efficiency; production mix; high power consumption	GLO	1	m3
Compressed air; 14 bar, high efficiency; production mix, at plant; low power consumption	EU-27	1	m3
Compressed air; 14 bar, high efficiency; production mix; low power consumption	GLO	1	m3
Compressed air; 14 bar, low efficiency; production mix, at plant; high power consumption	EU-27	1	m3
Compressed air; 14 bar, low efficiency; production mix; high power consumption	GLO	1	m3
Compressed air; 7 bar, high efficiency; production mix, at plant; low power consumption	EU-27	1	m3
Compressed air; 7 bar, high efficiency; production mix; low power consumption	GLO	1	m3
Compressed air; 7 bar, low efficiency; production mix, at plant; high power consumption	EU-27	1	m3
Compressed air; 7 bar, low efficiency; production mix; high power consumption	GLO	1	m3
Container glass (delivered to the end user of the contained product, reuse rate: 7%); technology mix; production mix at plant;	RER	1	kg
Container ship ocean; technology mix; 27.500 dwt pay load capacity	GLO	1	kg
Container ship ocean; technology mix; 27.500 dwt pay load capacity	RER	1	t*km
Continuous filament glass fibre (assembled rovings); The main end-use of CFGF products is the reinforcement of thermosetting and thermoplastic resins.; at plant;	RER	1000	kg
Continuous filament glass fibre (assembled rovings); The main end-use of CFGF products is the reinforcement of thermosetting and thermoplastic resins.; at plant;	RER	1000	kg
Continuous filament glass fibre (direct rovings); The main end-use of CFGF products is the reinforcement of thermosetting and thermoplastic resins.; at plant;	RER	1000	kg
Continuous filament glass fibre (direct rovings); The main end-use of CFGF products is the reinforcement of thermosetting and thermoplastic resins.; at plant;	RER	1000	kg
Continuous filament glass fibre (dry chopped strands); The main end-use of CFGF products is the reinforcement of thermosetting and thermoplastic resins.; at plant;	RER	1000	kg
Continuous filament glass fibre (dry chopped strands); The main end-use of CFGF products is the reinforcement of thermosetting and thermoplastic resins.; at plant;	RER	1000	kg

Continuous filament glass fibre (wet chopped strands); The main end-use of CFGF products is the reinforcement of thermosetting and thermoplastic resins.; at plant;	RER	1000	kg
Continuous filament glass fibre (wet chopped strands); The main end-use of CFGF products is the reinforcement of thermosetting and thermoplastic resins.; at plant;	RER	1000	kg
Copper sheet; technology mix; consumption mix, at plant; 0,6 mm thickness	EU-15	1000	kg
Copper sheet; technology mix; market mix, at plant; 0,6 mm thickness; Hot and Cold Rolling based on melting and casting a mix of Copper cathode and Copper scrap; Technology and Market Mix for Sheet fabrication representing main European production countries, Market Mix for Copper cathode in Europe (primary and secondary Cu cathode production in Europe as well as Cu cathode import into Europe); 1000 kg Copper sheet	EU-25	1000	kg
Copper tube; technology mix; consumption mix, at plant; diameter 15 mm, 1 mm thickness	EU-15	1000	kg
Copper tube; technology mix; market mix, at plant; diameter 15 mm, 1 mm thickness; Extrusion and Drawing based on melting and casting a mix of Copper cathode and Copper scrap; Technology and Market Mix for Tube fabrication representing main European production countries, Market Mix for Copper cathode in Europe (primary and secondary Cu cathode production in Europe as well as Cu cathode import into Europe); 1000 kg Copper tube	EU-25	1000	kg
Copper wire; technology mix; consumption mix, at plant; cross section 1 mmy	EU-15	1000	kg
Copper wire; technology mix; market mix, at plant; cross section 1 mm; Extrusion and Drawing based on melting and casting a mix of Copper cathode and Copper scrap; Technology and Market Mix for Wire fabrication representing main European production countries, Market Mix for Copper cathode in Europe (primary and secondary Cu cathode production in Europe as well as Cu cathode import into Europe); 1000 kg Copper wire	EU-25	1000	kg
Corrugated board boxes; technology mix; production mix, at plant; 16,6 % primary fibre, 83,4 % recycled fibre	EU-25	1000	kg
corrugated board sheets; technology mix; production mix, at plant; 18% primary fibre, 82 % recycled fibre	EU-27	1	kg
Crushed stone 16/32; open pit mining; production mix, at plant; undried	RER	1	kg
De-ionised water; reverse osmosis; production mix, at plant; from groundwater	RER	1	kg
De-ionised water; reverse osmosis; production mix, at plant; from surface water	RER	1	kg
Diesel mix at refinery; from crude oil and bio components, fuel supply; production mix, at refinery; 10 ppm sulphur, 5.75 wt.% bio components	EU-27	1	kg
Diesel; from crude oil; consumption mix, at refinery; 200 ppm sulphur	EU-15	1	kg
Drinking water; water purification treatment; production mix, at plant; from groundwater	RER	1	kg
Drinking water; water purification treatment; production mix, at plant; from surface water	RER	1	kg
Electricity from hydro power; AC; production mix, at power plant; 230V	RER	3,6	MJ

Electricity from hydroelectric power plants; AC; production mix, at power plant; < 1kV	RER	3,6	MJ
Electricity from wind power; AC; production mix, at power plant; < 1kV	RER	3,6	MJ
Electricity from wind power; AC; production mix, at power plant; <1kV	RER	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	LV	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	ES	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	PL	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	SK	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	EU-27	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	IT	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	BE	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	SI	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	CH	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	BG	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	CZ	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	FI	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	MT	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	DK	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	AT	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	CY	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	LT	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	SE	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	LU	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	NL	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	DE	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	NO	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	EE	3,6	MJ

Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	PT	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	HU	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	IS	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	GR	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	FR	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	IE	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	RO	3,6	MJ
Electricity grid mix 1kV-60kV; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	GB	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; < 1kV	EU-27	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 220V	IS	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	NL	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	BG	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	AT	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	MT	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	DK	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	PT	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	BE	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	CH	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	CZ	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	LT	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	IE	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	ES	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	NO	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	GR	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	DE	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	HU	3,6	MJ

Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	PL	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	EE	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	CY	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	SE	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	LV	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	RO	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	SI	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	GB	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	FI	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	FR	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	LU	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	SK	3,6	MJ
Electricity grid mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	IT	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; < 1kV	EU-27	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; < 1kV	UCTE	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 115-220V	ES	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 125-220V	IT	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	NO	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	AT	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	IT	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	EE	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	GB	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	LV	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	LU	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	BE	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	CY	3,6	MJ

Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	IS	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	RO	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	BG	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	SK	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	PL	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	GR	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	MT	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	ES	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	SE	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	CH	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	FR	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	FI	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	DE	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	IE	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	EU-27	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	LT	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	DK	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	UCTE	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	HU	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	CZ	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	SI	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	NL	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 1kV - 60kV	PT	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 220V	SK	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 220V	LT	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 220V	GR	3,6	MJ

Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 220V	SI	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 220V	PL	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 220V	LV	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 220V	IE	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 220V	CZ	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 220V	HU	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230-240V	GB	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	AT	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	CH	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	FI	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	BG	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	DE	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	SE	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	DK	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	NL	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	PT	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	IS	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	BE	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	FR	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	NO	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	LU	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 230V	RO	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 240V	CY	3,6	MJ
Electricity Mix; AC; consumption mix, at consumer; 240V	MT	3,6	MJ
Ethene (Ethylene); from steam cracking; production mix, at plant; gaseous	EU-27	1	kg
Excavator; technology mix; 100 kW, Construction	GLO	1000	kg

Excavator; technology mix; 500 kW, Mining	GLO	1000	kg
Gasoline (regular); from crude oil; consumption mix, at refinery; 100 ppm sulphur	EU-15	1	kg
Gasoline mix (regular) at refinery; from crude oil and bio components, fuel supply; production mix, at refinery; 10 ppm sulphur, 5.75 wt.% bio components	EU-27	1	kg
GCC dry; Ground Calcium Carbonate (GCC) - dry, uncoated, with a CaCO ₃ content of 98% or more, a median particle size ranging typically from 2.5 to 5 µm, ready to be shipped in bulk. Production at plant.; Production at plant; None	RER	1000	kg
GCC slurry; Ground Calcium Carbonate (GCC) - slurry, unbleached and uncoated, with a solid content of 75% in the slurry, a CaCO ₃ content of 98% or more, a median particle size ranging typically from 1 to 3 µm, ready to be shipped as slurry with a biocide content enabling a transportation or a storage during maximum 48h. Production at plant; Production at plant; None	RER	1000	kg
Glass wool; fleece; production mix, at plant; density between 10 to 100 kg/m ³	RER	1,19	kg
Graphic Paper; technology mix; production mix, at plant; 79% primary fibre, 21% recycled fibre	EU-25	9,13	kg
Gravel 2/32; wet and dry quarry; production mix, at plant; undried	RER	1	kg
Gypsum plaster (CaSO ₄ alpha hemihydrates); via calcination of calcium sulphate dihydrate; production mix, at plant; grinded and purified product	DE	1	kg
Gypsum plaster (CaSO ₄ beta hemihydrates); technology mix of natural gypsum (45%) and gypsum from flue gas desulphurisation (55%); production mix, at plant; grinded and purified product	DE	1	kg
Gypsum plasterboard; technology mix of plasterboard production; production mix at factory; 12.5 mm thick, 10kg/m ²	EU-27	1	m ²
Gypsum stone (CaSO ₄ -dihydrate); underground and open pit mining; production mix, at plant; grinded and purified product	DE	1	kg
Hard coal mix; technology mix; consumption mix, at consumer;	EU-27	1	kg
Hard Coal; from underground and open pit mining; consumption mix, at power plant;	EU-27	1	kg
Heat; residential heating systems from light fuel oil (low sulphur), condensing boiler, max. heat output 14,9 kW; consumption mix, at consumer; at a temperature level of 55°C	EU-27	1	MJ
Heat; residential heating systems from natural gas, condensing boiler, max. heat output 14,9 kW; consumption mix, at consumer; at a temperature level of 55°C	EU-27	1	MJ
Heat; residential heating systems from wood pellets, boiler, max. heat output 14,9 kW; consumption mix, at consumer; at a temperature level of 70°C	EU-27	1	MJ
Heavy fuel oil at refinery (1.0wt.% S); from crude oil, fuel supply; production mix, at refinery; 1 wt.% sulphur	EU-27	1	kg
Heavy fuel oil; from crude oil; consumption mix, at refinery;	EU-15	1	kg
High impact polystyrene granulate (HIPS); production mix, at plant;	RER	1	kg

Hydrated Lime EU 2007; Production at plant;	RER	1000	kg
Hydrogen chloride gas (HCl); production mix for PVC production, at plant;	RER	1	kg
Kaolin coarse filler ; Production; at plant;	EU-27	1	kg
Kerosene / Jet A1 at refinery; from crude oil, fuel supply; production mix, at refinery; 480 ppm sulphur	EU-27	1	kg
Kerosene; from crude oil; consumption mix, at refinery; 700 ppm sulphur	EU-15	1	kg
Landfill of biodegradable waste; landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment and without collection, transport and pre-treatment; at landfill site;	EU-27	1	kg
Landfill of ferro metals; landfill including leachate treatment and without collection, transport and pre-treatment; at landfill site;	EU-27	1	kg
Landfill of glass/inert waste; landfill including leachate treatment and without collection, transport and pre-treatment; at landfill site;	EU-27	1	kg
Landfill of municipal solid waste; landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment, without collection, transport and pre-treatment; AT, DE, IT, LU, NL, SE, CH technology mix, at landfill site;	EU-27	1	kg
Landfill of municipal solid waste; landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment, without collection, transport and pre-treatment; BE, DK technology mix, at landfill site;	EU-27	1	kg
Landfill of municipal solid waste; landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment, without collection, transport and pre-treatment; ES, GR, PT technology mix, at landfill site;	EU-27	1	kg
Landfill of municipal solid waste; landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment, without collection, transport and pre-treatment; FR, GB, IE, FI, NO technology mix, at landfill site;	EU-27	1	kg
Landfill of paper waste; landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment and without collection, transport and pre-treatment; at landfill site;	EU-27	1	kg
Landfill of plastic waste; landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment and without collection, transport and pre-treatment; at landfill site;	EU-27	1	kg
Landfill of textiles; landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment and without collection, transport and pre-treatment; at landfill site;	EU-27	1	kg
Landfill of untreated wood; landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment and without collection, transport and pre-treatment; at landfill site;	EU-27	1	kg
Landfill of wood products (OSB, particle board); landfill including landfill gas utilisation and leachate treatment and without collection, transport and pre-treatment; at landfill site;	EU-27	1	kg
Lead primary and secondary mix ; technology mix; production mix, at producer; primary 46% / secondary 54%	EU-27	1	kg
Lead sheet mix; technology mix; production mix, at producer; secondary	EU-27	1	kg
Lead; primary; consumption mix, at plant;	DE	1	kg
Light fuel oil at refinery; from crude oil, fuel supply; production mix, at refinery; 0.1 wt.% sulphur	EU-27	1	kg

Light fuel oil; from crude oil; consumption mix, at refinery; 2000 ppm sulphur	EU-15	1	kg
Lightweight concrete block; expanded clay as base material; production mix, at plant;	RER	1	kg
Lignite mix; technology mix; consumption mix, at consumer;	EU-27	1	kg
Lignite; from open pit mining; consumption mix, at power plant;	EU-27	1	kg
Liquid Packaging Board (LPB) production; production; production mix, at plant; mineral coated LPB (n=4), basis weight: 266 g/m2	EU-27	1000	kg
Lorry transport; Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix; 22 t total weight, 17,3 t max payload	RER	1	kg
Lorry transport; Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix; 22 t total weight, 17,3t max payload	RER	1	t*km
Mining Truck; technology mix; 220 t payload, 1.700 kW	GLO	1000	kg
Mining Truck; technology mix; 220 t payload, 1.700 kW	RER	1000	kg
Naphtha; from crude oil; consumption mix, at refinery;	EU-15	1	kg
Natural Gas Mix; technology mix; consumption mix, at consumer; onshore and offshore production incl. pipeline and LNG transprt	EU-27	1	kg
Natural Gas; from onshore and offshore production incl. pipeline and LNG transport; consumption mix, at consumer; desulphurised	EU-27	1	kg
Nitrogen; via cryogenic air separation; production mix, at plant; gaseous	EU-27	1	kg
Nylon 6 glass filled (PA 6 GF); production mix, at plant;	RER	1	kg
Nylon 6 granulate (PA 6); production mix, at plant;	RER	1	kg
Nylon 66 GF 30 compound (PA 66 GF 30); production mix, at plant;	RER	1	kg
Nylon 66 granulate (PA 66); production mix, at plant;	RER	1	kg
Oriented Strand Board; OSB III; production mix, at plant; 4,8% water content	EU-27	620	kg
Oxygen; via cryogenic air separation; production mix, at plant; gaseous	EU-27	1	kg
Particle board; P2 (Standard FPY); production mix, at plant; 7,8% water content	EU-27	696,912676	kg
Particle board; P5 (V100); production mix, at plant; 7,8% water content	EU-27	690,607734	kg
PCC slurry; Precipitated Calcium Carbonate (PCC) - slurry, uncoated, with a solid content ranging from 15% to 40% in the slurry, a CaCO3 content of 98% or more, a median particle size ranging typically from 0.3 to 3 µm, ready to be shipped as slurry. Production at plant.; Production at plant; none	RER	1	kg
Pine log with bark; refostered managed forest; production mix entry to saw mill, at plant; 44% water content	DE	1	kg
Pine wood; timber; production mix, at saw mill; 40% water content	DE	1	kg

Plane; technology mix, cargo; 68 t payload	GLO	1	kg
Plane; technology mix, cargo; 68 t payload	RER	1	t*km
Polyacrylonitrile fibres (PAN); from acrylonitrile and methacrylate; production mix, at plant; PAN without additives	EU-27	1	kg
Polyamide 6.6 fibres (PA 6.6); from adipic acid and hexamethylene diamine (HMDA); production mix, at plant; PA 6.6 granulate without additives	EU-27	1	kg
Polybutadiene granulate (PB); production mix, at plant;	RER	1	kg
Polycarbonate granulate (PC); production mix, at plant;	RER	1	kg
Polyethylene high density granulate (PE-HD); production mix, at plant;	RER	1	kg
Polyethylene low density granulate (PE-LD); production mix, at plant;	RER	1	kg
Polyethylene low linear density granulate (PE-LLD); production mix, at plant;	RER	1	kg
Polyethylene terephthalate (PET) granulate; production mix, at plant; amorphous	RER	1	kg
Polyethylene terephthalate (PET) granulate; production mix, at plant; bottle grade	RER	1	kg
Polyethylene terephthalate fibres (PET); via dimethyl terephthalate (DMT); production mix, at plant; PET granulate without additives	EU-27	1	kg
Polymethyl methacrylate (PMMA) beads; production mix, at plant;	RER	1	kg
Polypropylene fibres (PP); crude oil based; production mix, at plant; PP granulate without additives	EU-27	1	kg
Polypropylene granulate (PP); production mix, at plant;	RER	1	kg
Polystyrene (general purpose) granulate (GPPS); production mix, at plant; crystal form is pure polystyrene with few additives, used when clarity is required even though it is very brittle	RER	1	kg
Polystyrene expandable granulate (EPS); production mix, at plant;	RER	1	kg
Polyvinylchloride resin (B-PVC); bulk polymerisation; production mix, at plant;	RER	1	kg
Polyvinylchloride resin (E-PVC); emulsion polymerisation; production mix, at plant;	RER	1	kg
Polyvinylchloride resin (S-PVC); suspension polymerisation; production mix, at plant;	RER	1	kg
Porocalce plaster production; Porocalce plaster - Milling and mixing of sand, perlite, expanded glass, calcium hydroxide; Production mix at plant - Southern Italy; 1 kg, Plaster	IT	1	kg
Portland cement (CEM I); CEMBUREAU technology mix, EN 197-1; CEMBUREAU production mix, at plant;	RER	1000	kg
Pre-cast concrete; minimum reinforcement; production mix, at plant; concrete type C20/25, without consideration of casings	RER	1	kg
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	BE	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	CH	1	MJ

Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	GB	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	HU	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	IE	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	PT	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	PL	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	BG	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	SK	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	ES	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	RO	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	CY	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	DK	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	NL	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	DE	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	FR	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	SI	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	IT	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	CZ	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	AT	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	EE	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	SE	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	LT	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	GR	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	FI	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	NO	1	MJ
Process steam from Heavy fuel oil 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	EU-27	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	PT	1	MJ

Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	PL	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	CH	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	SE	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	LT	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	ES	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	BG	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	LV	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	RO	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	AT	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	IE	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	FR	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	GR	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	CY	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	FI	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	GB	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	EU-27	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	DK	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	DE	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	NL	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	NO	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	HU	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	EE	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	CZ	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	IT	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	SI	1	MJ
Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	BE	1	MJ

Process steam from heavy fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	SK	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	FR	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	LT	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	GR	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	CH	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	BG	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	ES	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	PL	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	GB	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	DK	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	SI	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	NL	1	MJ
Process Steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	SE	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	HU	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	AT	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	DE	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	CY	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	IT	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	EE	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	SK	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	RO	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	CZ	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	NO	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	FI	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	BE	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	IE	1	MJ

Process steam from Light fuel oil 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	PT	1	MJ
Process steam from Light fuel oil 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	EU-27	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	CZ	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	SI	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	SK	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	EE	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	EU-27	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	FI	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	IE	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	BE	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	LT	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	PT	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	NO	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	DK	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	FR	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	CH	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	CY	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	RO	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	SE	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	AT	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	ES	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	DE	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	PL	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	LV	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	HU	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	NL	1	MJ

Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	BG	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	GR	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	IT	1	MJ
Process steam from light fuel oil; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	GB	1	MJ
Process steam from natural gas 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	DE	1	MJ
Process steam from natural gas 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	IT	1	MJ
Process steam from natural gas 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	LU	1	MJ
Process steam from natural gas 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	NL	1	MJ
Process steam from natural gas 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	ES	1	MJ
Process steam from natural gas 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	FR	1	MJ
Process steam from natural gas 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	CH	1	MJ
Process steam from natural gas 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	GB	1	MJ
Process steam from natural gas 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	DK	1	MJ
Process steam from natural gas 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	NO	1	MJ
Process steam from natural gas 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	SE	1	MJ
Process steam from natural gas 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	BE	1	MJ
Process steam from natural gas 90 %; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	FI	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	LV	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	EE	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	RO	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	PT	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	EU-27	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	AT	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	SI	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	PL	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	SK	1	MJ

Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	GR	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	CZ	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	HU	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	BG	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	IE	1	MJ
Process steam from natural gas 90%; heat plant; consumption mix, at power plant; MJ, 90 % efficiency	LT	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	EU-27	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	IE	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	FI	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	DE	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	LT	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	FR	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	SE	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	GR	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	EE	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	SK	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	GB	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	SI	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	AT	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	BG	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	BE	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	HU	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	CH	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	LU	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	NL	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	PL	1	MJ

Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	NO	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	ES	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	RO	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	PT	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	DK	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	IT	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	LV	1	MJ
Process steam from natural gas; heat plant; consumption mix, at plant; MJ	CZ	1	MJ
Process water; ion exchange; production mix, at plant; from groundwater	RER	1	kg
Process water; ion exchange; production mix, at plant; from surface water	RER	1	kg
Propene (Propylene); from steam cracking; production mix, at plant; gaseous	EU-27	1	kg
Quicklime CaO 2007 EU; Quicklime with a free CaO content ranging between 89.5% and 95.5%; Production at plant;	RER	1000	kg
Rail transport; technology mix, diesel driven, cargo;	RER	1	t*km
Rail transport; technology mix, diesel driven, cargo;	GLO	1	kg
Rail transport; technology mix, electricity driven, cargo;	GLO	1	kg
Rail transport; technology mix, electricity driven, cargo;	RER	1	t*km
Rock wool; fleece; production mix, at plant; density between 30 to 180 kg/m3	RER	4,48	kg
Sand 0/2; wet and dry quarry; production mix, at plant; undried	RER	1	kg
Small lorry transport; Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix; 7,5 t total weight, 3,3 t max payload	RER	1	t*km
Small lorry transport; Euro 0, 1, 2, 3, 4 mix; 7,5 t total weight, 3,3 t max payload	RER	1	kg
Sodium chloride (NaCl, dissolved); production mix for PVC production, at plant;	RER	1	kg
Sodium hydroxide; production mix for PVC production, at plant; 100% NaOH	RER	1	kg
Special high grade zinc; primary production; production mix, at plant;	GLO	1000	kg
Spruce log with bark; refostered managed forest; production mix entry to saw mill, at plant; 44% water content	DE	1	kg
Spruce wood; timber; production mix, at saw mill; 40% water content	DE	1	kg
Steel hot dip galvanized (ILCD); blast furnace route; production mix, at plant; 1kg, typical thickness between 0.3 - 3 mm. typical width between 600 - 2100 mm.	GLO	1	kg

Steel hot dip galvanized, including recycling; blast furnace route; production mix, at plant; 1kg, typical thickness between 0.3 - 3 mm. typical width between 600 - 2100 mm.	GLO	1	kg
Steel hot rolled coil (ILCD); blast furnace route; production mix, at plant; 1kg, typical thickness between 2 - 7 mm. typical width between 600 - 2100 mm	GLO	1	kg
Steel hot rolled coil, including recycling; blast furnace route; production mix, at plant; 1kg, typical thickness between 2 - 7 mm. typical width between 600 - 2100 mm	GLO	1	kg
Steel hot rolled coil; blast furnace route; production mix, at plant; thickness 2 to 7 mm, width 600 to 2100 mm	RER	1	kg
Steel hot rolled section; blast furnace and electric arc furnace route; production mix, at plant;	GLO	1	kg
Steel rebar; blast furnace and electric arc furnace route; production mix, at plant;	GLO	1	kg
Steel sections (ILCD); blast furnace route / electric arc furnace route; production mix, at plant; 1 kg	GLO	1	kg
Steel sections, including recycling; blast furnace route / electric arc furnace route; production mix, at plant; 1kg	GLO	1	kg
Steel tinplate without EoL recycling (collection year 2012/2013); blast furnace route; European, production mix, at plant; 1kg, typical thickness between 0.13 - 0.49 mm. typical width between 600 - 1100 mm.	RER	1	kg
Sulphur; from crude oil; consumption mix, at refinery; elemental sulphur	EU-15	1	kg
Titanium Dioxide; Chloride and sulphate processes; production mix, at plant; > 80% TiO ₂	GLO	1	kg
Very fine milled silica sand d ₅₀ = 20 micrometer; Production; at plant; median diameter of silica sand grains is 20 micrometers	EU-27	1	kg
Vinyl chloride monomer (VCM); production mix for PVC production , at plant;	RER	1	kg
Waste incineration of biodegradable waste fraction in municipal solid waste (MSW); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg
Waste incineration of biodegradable waste fraction in municipal solid waste (MSW); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1	kg
Waste incineration of ferro metals; average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg
Waste incineration of ferro metals; average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1	kg
Waste incineration of glass/inert material; average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg
Waste incineration of glass/inert material; average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1	kg
Waste incineration of municipal solid waste (MSW); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1	kg
Waste incineration of municipal solid waste (MSW); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg

Waste incineration of paper fraction in municipal solid waste (MSW); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg
Waste incineration of paper fraction in municipal solid waste (MSW); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1	kg
Waste incineration of plastics (Nylon 6 GF 30, Nylon 66 GF 30); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg
Waste incineration of plastics (Nylon 6 GF 30, Nylon 66 GF 30); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1	kg
Waste incineration of plastics (Nylon 6, Nylon 66, PAN); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg
Waste incineration of plastics (Nylon 6, Nylon 66, PAN); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1	kg
Waste incineration of plastics (PE, PP, PS, PB); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg
Waste incineration of plastics (PE, PP, PS, PB); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1	kg
Waste incineration of plastics (PET, PMMA, PC); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg
Waste incineration of plastics (PET, PMMA, PC); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1	kg
Waste incineration of plastics (rigid PVC); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1	kg
Waste incineration of plastics (rigid PVC); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg
Waste incineration of plastics (unspecified) fraction in municipal solid waste (MSW); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1	kg
Waste incineration of plastics (unspecified) fraction in municipal solid waste (MSW); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg
Waste incineration of textile fraction in municipal solid waste (MSW); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1	kg
Waste incineration of textile fraction in municipal solid waste (MSW); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg
Waste incineration of untreated wood (10,7% water content); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg
Waste incineration of untreated wood (10,7% water content); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1	kg
Waste incineration of wood products (OSB, particle board); average European waste-to-energy plant, without collection,	EU-27	1	kg

transport and pre-treatment; at plant;			
Waste incineration of wood products (OSB, particle board); average European waste-to-energy plant, without collection, transport and pre-treatment; at plant;	EU-27	1000	kg
Waste water treatment; chemical reduction/oxidation process, municipal waste water; at waste water treatment plant;	RER	1	kg
Waste water treatment; domestic waste water according to the Directive 91/271/EEC concerning urban waste water treatment; at waste water treatment plant;	EU-27	1	kg
Waste water treatment; industrial waste water according to the Directive 91/271/EEC concerning urban waste water treatment; at waste water treatment plant; organic contaminated	EU-27	1	kg
Waste water treatment; industrial waste water according to the Directive 91/271/EEC concerning urban waste water treatment; at waste water treatment plant; slightly organic and anorganic contaminated	EU-27	1	kg
Waste water treatment; industrial waste water according to the Directive 91/271/EEC concerning urban waste water treatment; at waste water treatment plant; slightly organic contaminated	EU-27	1	kg

Anexo V.- Base de Datos de Evaluación de Impactos ELCD

A continuación se muestran las categorías de impacto incluidas en la BBDD ELCD [18], que se emplea en la herramienta en VBA propuesta en este TFM, junto con una breve descripción.

1. Acidificación terrestre/ Acidification terrestrial

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Endpoint
- Unidades: Potentially Not Occurring Number of plant species in terrestrial ecosystems * time (PNOF)
- Descripción: Cambio en la fracción de especies vegetales potencialmente no presentes en los ecosistemas terrestres por cambio en la saturación de la base (adimensional) [18].
- UUID: a4e34443-25c0-424a-b759-3f0689efe461

2. Acidificación terrestre y de agua dulce/ Acidification terrestrial and freshwater

- Metodología: ILCD2011
- Efecto último: Midpoint
- Unidades: Moles H⁺ equivalentes
- Descripción: Excedencia acumulada (AE) que caracteriza el cambio en la superación de la carga crítica del área sensible en los ecosistemas terrestres y principales de agua dulce en que se depositan sustancias acidificantes [18].
- UUID: f6cbd466-253f-4145-a4bb-8dae7d266e89

3. Efectos cancerígenos en la salud humana/ Cancer human health effects

- Metodología: ILCD2011, USEtox
- Efecto último: Endpoint
- Unidades: Disability Adjusted Life Years (DALY)
- Descripción: Cuantifica el impacto de muerte prematura o discapacidad que los compuestos tóxicos liberados tienen en la población [18].
- UUID: a649499b-f088-4736-892b-d56b7fce3111

4. Efectos cancerígenos en la salud humana/ Cancer human health effects

- Metodología: ILCD2011, USEtox
- Efecto último: Midpoint

- Unidades: Comparative Toxic Unit for human (CTUh)
- Descripción: Expresa el aumento estimado de la morbilidad en la población humana total por unidad de masa de un producto químico emitido (casos por kilogramo), ponderando de igual manera la aparición y la ausencia de cáncer [18].
- UUID: bac8c45b-e778-479e-838c-7c2f54b45610

5. Cambio climático/ Climate change

- Metodología: ILCD2011, IPCC2007, ReCiPe2008
- Efecto último: Midpoint
- Unidades: kg CO₂ equivalentes
- Descripción: Potencial de calentamiento global en un horizonte temporal de 100 años
- UUID: 370960f4-0a3a-415d-bf3e-e5ce63160bb9

6. Cambio climático/ Climate change

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Endpoint - Human Health
- Unidades: Disability Adjusted Life Years (DALY)
- Descripción: Los flujos de emisiones están relacionados con el aumento de temperatura. Se utiliza un escenario relacionado con las adaptaciones supuestas de los seres humanos a los cambios en los climas (aumento de la temperatura) para estimar los daños a la salud humana [18].
- UUID 8bc7e4c1-da82-43d5-8d6c-983c8e876dc8

7. Cambio climático/ Climate change terrestrial

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Endpoint - Ecosystems
- Unidades: Potentially Disappeared Number of terrestrial species * time (PDF)
- Descripción: Expresa la pérdida de especies en los ecosistemas terrestres por causa de cambio climáticos [18].
- UUID: 56f485e8-aed7-4e2e-872f-59c3a8317cbf

8. Eutrofización de agua dulce/ Eutrophication freshwater

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Endpoint

- Unidades: Potentially Disappeared Number of terrestrial species * time (PDF)
- Descripción: Expresa la pérdida de especies causada por la eutrofización acuática [18].
- UUID: 992c8e8d-769a-4930-9b0f-4fa323250738

9. Eutrofización de agua dulce/ Eutrophication freshwater

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Midpoint
- Unidades: kg P equivalentes
- Descripción: Expresa el grado en que los nutrientes emitidos alcanzan el límite del agua dulce (el fósforo se considera un factor limitante en el agua dulce) [18].
- UUID: a4630d5b-df2f-48ae-b3f2-5e5257606d68

10. Eutrofización marina/ Eutrophication marine

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Midpoint
- Unidades: kg N equivalentes
- Descripción: Expresa el grado en que los nutrientes emitidos alcanzan el límite del agua salada (el nitrógeno se considera un factor limitante en el agua salada) [18].
- UUID: 5296e2be-060b-4e50-b033-d45f85f6ac92

11. Eutrofización terrestre/ Eutrophication terrestrial

- Metodología: ILCD2011
- Efecto último: Midpoint
- Unidades: Moles N equivalentes
- Descripción: Excedencia acumulada (AE) que caracteriza el cambio en la superación de la carga crítica del área sensible en que se depositan sustancias eutrofizantes [18].
- UUID: 40054970-5936-477c-9bec-29fa23b1cb77

12. Radiación ionizante/ Ionising radiation

- Metodología: ILCD2011
- Efecto último: Midpoint - Ecosystems
- Unidades: Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe) * volume * time

- Descripción: Expresa una estimación de la fracción de especies potencialmente afectada (PAF) integrada en el tiempo y el volumen por unidad de masa de un radio nucleído emitido (PAF m³ año / kg) [18].
- UUID: 4120d283-c81a-495e-bb02-9b5a041f3f98

13. Radiación ionizante/ Ionising radiation

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Midpoint - Human Health
- Unidades: kg U²³⁵ equivalentes
- Descripción: Cuantificación del impacto de la radiación ionizante en la población en comparación con el isótopo U²³⁵ [18].
- UUID: a6f4cbc8-5388-44d6-9a67-53d05684f93e

14. Radiación ionizante/ Ionising radiation

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Endpoint - Human Health
- Unidades: Disability Adjusted Life Years (DALY)
- Descripción: Cuantifica los impactos de muerte prematura o discapacidad que la radiación ionizante tiene sobre la población [18].
- UUID: c0c2d8a7-282b-400f-b5d5-5a64032758c2

15. Uso del suelo/ Land use

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Endpoint
- Unidades: Potentially Disappeared Number of terrestrial species * time (PDF)
- Descripción: Pérdida de especies causada por la transformación y ocupación del suelo [18].
- UUID: 682e1644-978e-49d7-afa6-a91cf3312840

16. Uso del suelo/ Land use

- Metodología: ILCD2011
- Efecto último: Midpoint
- Unidades: kg C / m² · año

- Descripción: Basada en el cambio de materia orgánica en el suelo que juega un papel fundamental en varias funciones como fertilidad, pH, estructura del suelo, capacidad de agua... [18].
- UUID: f4602cba-f746-4351-b4da-e91181853e33

17. Efectos no cancerígenos en la salud humana/ Non-cancer human health effects

- Metodología: ILCD2011, USEtox
- Efecto último: Endpoint
- Unidades: Disability Adjusted Life Years (DALY)
- Descripción: Cuantifica los impactos de muerte prematura o discapacidad que los componentes tóxicos liberados tienen en la población [18].
- UUID: 865c4fbe-11cc-4905-9b0a-80a99d94f7e6

18. Disminución de ozono/ Ozone depletion

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Endpoint - Human Health
- Unidades: Disability Adjusted Life Years (DALY)
- Descripción: Cuantifica los impactos de muerte prematura o discapacidad que la disminución de ozono tiene en la población [18].
- UUID: 84942731-25e5-47df-889d-a31229ef1fd6

19. Disminución de ozono/ Ozone depletion

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Midpoint
- Unidades: kg CFC-11 equivalentes
- Descripción: Calcula los efectos destructivos en la capa de ozono estratosférica en un horizonte de tiempo de 100 años [18].
- UUID: 8b723200-3d8f-4eec-9e10-444edb029476

20. Formación de ozono fotoquímico/ Photochemical ozone formation

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Endpoint - Human Health
- Unidades: Disability Adjusted Life Years (DALY)

- Descripción: Cuantifica los impactos de muerte prematura o discapacidad que la formación de ozono fotoquímico tiene en la población [18].
- UUID: 840647a7-15b4-494b-aa79-65f5e9e19b91

21. Formación de ozono fotoquímico/ Photochemical ozone formation

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Midpoint - Human Health
- Unidades: kg C₂H₄ equivalentes
- Descripción: Cuantifica la contribución potencial en la formación de ozono fotoquímico [18].
- UUID: ec7836be-83eb-41da-bcda-1a6a3fe2d149

22. Disminución de recursos minerales, fósiles y renovables/ Resource depletion - mineral, fossils and renewables

- Metodología: ILCD2011, ReCiPe2008
- Efecto último: Endpoint
- Unidades: Incremento marginal de costes
- Descripción: Expresión del incremento del coste marginal (\$/kg) debido a los kg de extracción/producción [18].
- UUID: edabaa8b-89d0-4cb6-ba92-444ac5265422

23. Disminución de agua/ Resource depletion - water

- Metodología: ILCD2011, Swiss Ecoscarcity2006
- Efecto último: Midpoint
- Unidades: Scarcity adjusted mass of water used
- Descripción: Disminución de los recursos bióticos. Escasez de agua dulce, ajuste de la cantidad de agua usada [18].
- UUID: 9e456c6b-2cb3-45cd-91ec-40681ab2b2e9

24. Disminución de recursos minerales, fósiles y renovables/ Resource depletion - mineral, fossils and renewables

- Metodología: ILCD2011, CML2002
- Efecto último: Midpoint
- Unidades: kg Sb equivalentes

- Descripción: Cantidad de recursos agotados comparados con las reservas disponibles [18].
- UUID: b7d61a6f-cb2f-4a46-b511-39c3e4cc31d3

25. Partículas inorgánicas/ Respiratory inorganics

- Metodología: ILCD2011
- Efecto último: Midpoint
- Unidades: kg PM2.5 equivalentes
- Descripción: Cuantificación de los impactos de muerte prematura o discapacidad que las partículas inorgánicas tienen en la población en comparación con PM2.5 [18].
- UUID: 72ce3013-f678-4c6a-935b-f4752ff8901b

26. Categoría de impacto Partículas inorgánicas/ Respiratory inorganics

- Metodología: ILCD2011
- Efecto último: Endpoint
- Unidades: Disability Adjusted Life Years (DALY)
- Descripción: Cuantificación de los impactos de muerte prematura o discapacidad que las partículas inorgánicas tienen en la población [18].
- UUID: b93ab11f-6565-46ff-8c85-4b86461c51d0.

Anexo VI.- Código de la estructura de datos “Type” creada

En este anexo se muestra el código empleado en la definición de la estructura de dato empleada para el almacenamiento de datos. Las frases precedidas del símbolo “ ’ ” describen cada elemento de la estructura.

Además, en la siguiente tabla se muestra el significado de los tipos de datos empleados en la definición de cada elemento.

Tabla 22. Tipos de datos empleados en la definición de cada elemento

Tipo de dato	Dato que almacena
String	Cadena de texto
Double	Número decimal

➤ Código

'Datos de componentes

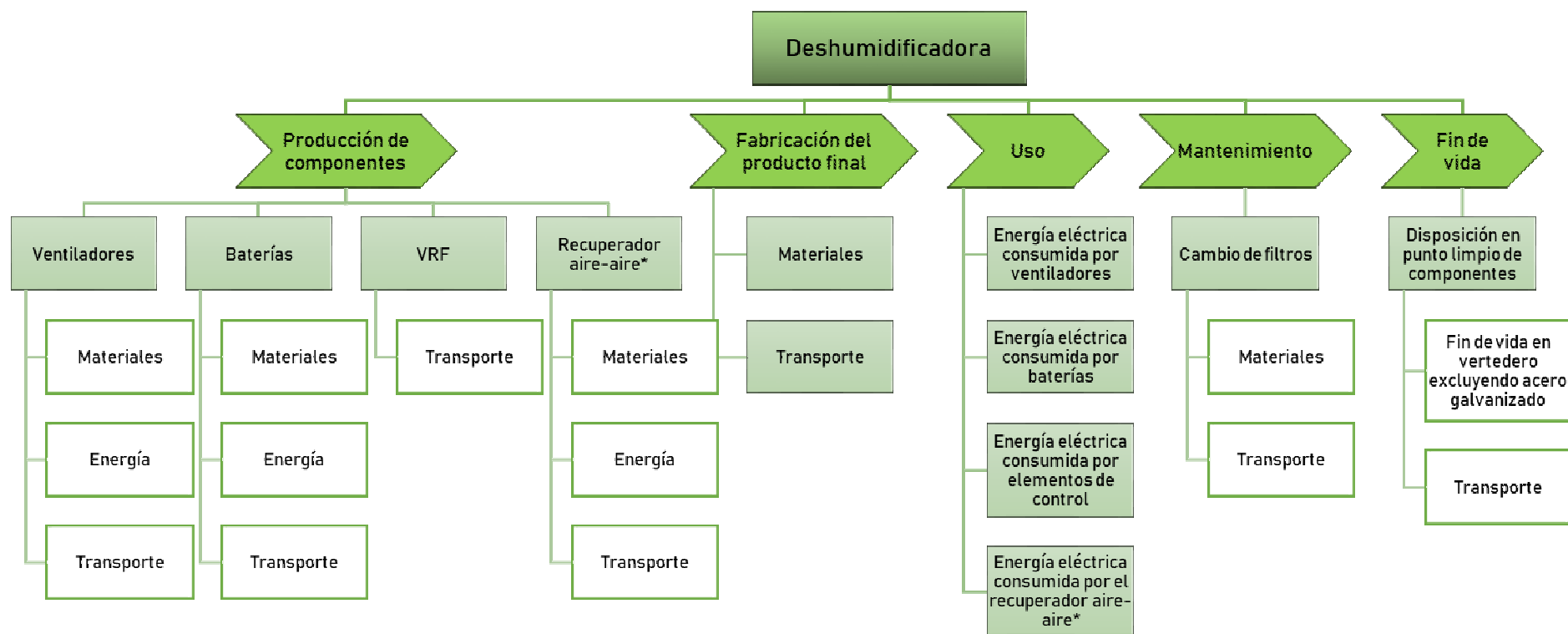
Type Dato	'Estructura donde guardar todos los datos de componentes
Nombre As String	'Nombre del componente
ProdMat() As String	'Materiales empleados en la producción
ProdMatCant() As Double	'Cantidad de material empleado en la producción
ProdMatCantRef() As Double	'Cantidad de referencia del material empleado en la producción
ProdMatUnit() As String	'Unidades de medida del material seleccionado
ProdMatCode() As String	'Código archivo material seleccionado
ProdEne() As String	'Energía empleada en la producción
ProdEneCant() As Double	'Cantidad de energía empleada en la producción
ProdEneCantRef() As Double	'Cantidad de referencia de la energía empleada en la producción
ProdEneUnit() As String	'Unidades de medida de energía
ProdEneCode() As String	'Código archivo energía seleccionada
ProdTra() As String	'Transporte empleado en la producción
ProdTraCant() As Double	'Cantidad de transporte empleado en la producción
ProdTraCantRef() As Double	'Cantidad de referencia del transporte empleado en la producción
ProdTraUnit() As String	'Unidades de medida del transporte seleccionado
ProdTraCode() As String	'Código archivo transporte seleccionado

ProdOtro() As String	'Otros recursos empleados en la producción
ProdOtroCant() As Double	'Cantidad de otros recursos empleados en la producción
ProdOtroCantRef() As Double	'Cantidad de referencia de otros recursos empleados en la producción
ProdOtroUnit() As String	'Unidades de medida de los otros recursos empleados
ProdOtroCode() As String	'Código archivo de otros recursos seleccionados
UymMat() As String	'Materiales empleados en el uso y mantenimiento
UymMatCant() As Double	'Cantidad de material empleado en el uso y mantenimiento
UymMatCantRef() As Double	'Cantidad de referencia del material empleado en el uso y mantenimiento
UymMatUnit() As String	'Unidades de medida del material seleccionado en el uso y mantenimiento
UymMatCode() As String	'Código archivo material seleccionado en el uso y mantenimiento
UymEne() As String	'Energía empleada en el uso y mantenimiento
UymEneCant() As Double	'Cantidad de energía empleada en el uso y mantenimiento
UymEneCantRef() As Double	'Cantidad de referencia de energía empleada en el uso y mantenimiento
UymEneUnit() As String	'Unidades de medida de energía
UymEneCode() As String	'Código archivo energía seleccionada
UymOtro() As String	'Otros recursos empleados en el uso y mantenimiento
UymOtroCant() As Double	'Cantidad de otros recursos empleados en el uso y mantenimiento
UymOtroCantRef() As Double	'Cantidad de referencia de otros recursos empleados en el uso y mantenimiento
UymOtroUnit() As String	'Unidades de medida de los otros recursos empleados
UymOtroCode() As String	'Código archivo de otros recursos seleccionados
FinVida() As String	'Recursos empleados en el fin de vida
FinVidaCant() As Double	'Cantidad de recursos empleados en el fin de vida
FinVidaCantRef() As Double	'Cantidad de referencia del flujo empleado en el fin de vida
FinVidaUnit() As String	'Unidades de medida de los recursos empleados

FinVidaCode() As String	'Código archivo de los recursos seleccionados
GWP As Double	'Impacto ambiental de la categoría cambio climático
GWPUnit As String	'Unidades de la categoría GWP
AP As Double	'Impacto ambiental de la categoría acidificación terrestre y de agua dulce
APUnit As String	'Unidades de la categoría AP
HT As Double	'Impacto ambiental de la categoría efectos cancerígenos en la salud humana
HTUnit As String	'Unidades de la categoría HT
EPFW As Double	'Impacto ambiental de la categoría eutrofización de agua dulce
EPFWUnit As String	'Unidades de la categoría EPFW
EPSW As Double	'Impacto ambiental de la categoría eutrofización marina
EPSWUnit As String	'Unidades de la categoría EPSW
EPT As Double	'Impacto ambiental de la categoría EPT
EPTUnit As String	'Unidades de la categoría EPT
IRE As Double	'Impacto ambiental de la categoría radiación ionizante en ecosistemas
IREUnit As String	'Unidades de la categoría IRE
IRH As Double	'Impacto ambiental de la categoría radiación ionizante en la salud humana
IRHUnit As String	'Unidades de la categoría IRH
LU As Double	'Impacto ambiental de la categoría uso del suelo
LUUnit As String	'Unidades de la categoría LU
OD As Double	'Impacto ambiental de la categoría disminución de ozono
ODUnit As String	'Unidades de la categoría OD
POCP As Double	'Impacto ambiental de la categoría formación de ozono fotoquímico
POCPUnit As String	'Unidades de la categoría POCP
WSI As Double	'Impacto ambiental de la categoría disminución de agua
WSIUnit As String	'Unidades de la categoría WSI

RD As Double	'Impacto ambiental de la categoría disminución de recursos minerales, fósiles y renovables
RDUnit As String	'Unidades de la categoría RD
PM As Double	'Impacto ambiental de la categoría partículas inorgánicas
PMUnit As String	'Unidades de la categoría PM
End Type	
Public Componente() As Dato	'Definición componentes como variable tipo dato

Anexo VII.- Diagrama de flujo de las deshumidificadoras



* Los flujos relacionados con el recuperador aire-aire solo se consideran en el equipo que dispone de él.

Anexo VIII.- Ficha técnica de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire

En este anexo se adjunta la ficha técnica de la deshumidificadora sin recuperador de calor propiedad de Evair S.L.



Evair
Technical-Commercial Department
Buenos Aires, 8
ES 50198 La Muela (Zaragoza)
Tel.: +34 976 909 868

Pedido	PRC_0018_18_V2*
Fecha	08/01/2018
Proyecto	
Posición	CL-01 NoR

LV-Posición **CL-01 NoR**
 Cantidad **1**
 Fecha de impr **18/07/2018**
 Colaborador
 Oficina / Conta

Versión de Soft. 3.20.136
 Version Date: 07.02.2018
www.evair.es
Info@evair.es

INFORMACIÓN GENERAL

Serie	EV
Ejecución	Exterior
Nivel del mar [m]	550



ErP 2018
Ready

Densidad del aire [kg/m³]	1,20
Temp. de diseño exterior (invierno) [°C]	~2.232
Ratio de mezcla (RCA/SUP)	17,60

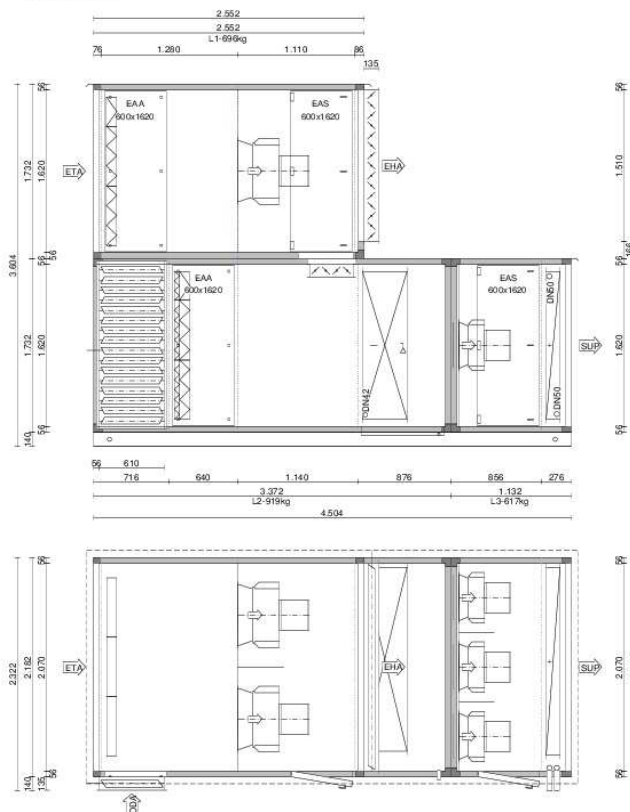
Unidad (Reglamento UE 1253/2014) **NRVU;BVU**

Min./Max. Temperatura-Humedad Relativa [°C-%] -20-0/50-50


Etiquetado energético para condiciones húmedas

	Modelo	Caudal [m³/h]	Velocidad Air [m/s]	Pot. Abs. [kW]
Impulsión		24.000	1,99	9,180
		24.000	1,99	3,980

* Según Configuración Base. (Reg. 1253/2014)



La pérdida de carga de filtros en este informe se fija según norma UNE 13053. La pérdida de carga final (mostrada) ha de ser respetada para asegurar el rendimiento y la eficiencia energética de la unidad.

	Cliente:	Proyecto Nr.: PRC_0018_18_V2*
	Calle:	Dibujo: CL-01 NoR
	Ciudad:	Posición: CL-01 NoR
	Edificio de proyecto:	Departamento: CL-01 NoR
	Edificio-Calle:	Pieza: 3
Responsable:	Edificio-Ciudad:	Página: 2 / 6
Fecha: 18/07/2018		

Aire de impulsión


Definición de la unidad

Presión externa [Pa]	200	Espesor	Poliuretano	50,0 mm	Largo [mm]	4.504,0
Presión total [Pa]	820	Panel interno	Galvanizado pintado	White	Ancho [mm]	2.182,0
Class DIN EN 13053	V3	Panel externo	Galvanizado pintado	White	Altura [mm]	1.732,0
External leakage -400 Pa [%]	0,00	Panel interno (suelo)	Galvanizado pintado	White	Peso [kg]	~1.536,0
External leakage +400 Pa [%]	0,00	Perfiles	Aluminio			
Max. Fuga interna [%]	0,00	Mat. Interior	Galvanizado			
Construcción de la unidad	7					

Módulo de aspiración/descarga	Aire de impulsión	716,0 mm	8,39 m2	223,00 kg	40 Pa
Compuerta:	Dimensiones [mm] 1.620,0 x 610,0 x 135,0				
Accionamiento por	Cierre			Marco	Aluminio
Ctd. Cierres	1	Velocidad del aire [m/s]	6,75	Lamas	Aluminio
Torque [Nm]	8,050	Pérdida de carga [Pa]	40	Tipo	DP1


Compact Filter section with Prefilter	Aire de impulsión	640,0 mm	5,01 m2	172,00 kg	256 Pa
Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	48,0		
Tipo	CAMPLIS-GDA-NV-48	Superficie de filtro [m2]			
Clase	G4	Celdas Pzs x Tamaño	3 x 290,0 x 592,0		
PdC Limpio [Pa]	47		6 x 592,0 x 592,0		
PdC Diseño [Pa]	98,5				
PdC Sucio [Pa]	150				
Caudal [m³/h]	24.000				
Clasif. energética de filtro					
	Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	98,0	
	Tipo	ECOPLEAT-F7-98	Superficie de filtro [m2]	82,80	
	Clase	F7	Celdas Pzs x Tamaño	3 x 290,0 x 592,0	
	PdC Limpio [Pa]	113		6 x 592,0 x 592,0	
	PdC Diseño [Pa]	156,5			
	PdC Sucio [Pa]	200			
	Caudal [m³/h]	24.000			
	Extracción de filtro	Lateral			
	Clasif. energética de filtro	G			
Puerta extraíble	Dimensiones [mm]	600,0 x 1.620,0			

Módulo vacío	Aire de impulsión	1.140,0 mm	7,97 m2	171,00 kg	79 Pa
Compuerta:	Dimensiones [mm] 1.740,0 x 410,0 x 135,0				
Accionamiento por	Cierre			Marco	Aluminio
Ctd. Cierres	1	Velocidad del aire [m/s]	9,34	Lamas	Aluminio
Torque [Nm]	5,740	Pérdida de carga [Pa]	79	Tipo	DP1

	Cliente:	Proyecto Nr.: PRC_0018_18_V2*
	Calle:	Dibujo: CL-01 NoR
	Ciudad:	Posición: CL-01 NoR
	Edificio de proyecto:	Departamento: CL-01 NoR
	Edificio-Calle:	Pieza: 3
Responsable:	Edificio-Ciudad:	Página: 3 / 6
Fecha: 18/07/2018		

Enfriamiento	Aire de impulsión	876,0 mm	6,86 m2	353,00 kg	99 Pa
Expansión directa		Fluido R410A Temp. de evaporación [°C] 8,00 Super calentamiento [°C] 5,00 Volumen Int. [l] 45,100 SHR 0,55 Conexión entrada [mm] 35 Conexión salida [mm] 42			
Caudal [m³/h] 24.000					
Velocidad del aire [m/s] 2,48					
Aire de entrada [°C] 28,00	Humedad [%] 65,0				
Aire de salida [°C] 19,67	Humedad [%] 89,2				
Capacidad total [kW] 123,56					
Perda de pres.del aire [Pa] 99	Seco [Pa] 45				
Cu-AIPr-FeZn P3012ED 4R-49T-1830A-3.0pa 2x16-1x17C 3x42 mm (.		Materiales:			
Filas 4		Aletas	Aluminio		
Número de circuitos de ref. 3 circuit	No	Filas	Cobre		
Circuitos 49		Colector	Cobre		
Separación de aletas [mm] 3,0		Marco	Galvanizado		
		Protección de la aleta	Epoxy recubierto		
Bandeja de condensados	Calidad	Acero inoxidable 304	Conexión de drenaje	1 0/0"	

Plugfan	Aire de impulsión	856,0 mm	6,7 m2	470,00 kg	Pa
INFORMACIÓN DEL VENTILADOR			INFORMACIÓN DE MOTOR		
Ventilador	3xK3G450-AZ30-01		Motor	3xM3G150IF	
Proveedor	EBM-Papst		Protección	IP54	
Caudal [m³/h]	24.000		Clase de aislamiento	F	
Internal pressure [Pa]	502		Potencia [kW]	3x5,370	
Presión adicional [Pa]			RPM [1/min]	2.750	
Presión externa [Pa]	200		Corriente +-5% [A]	3x8,30	
Presión dinámica [Pa]	118		Eficiencia		
Presión estática total [Pa]	702		Tensión	3x400 V / 50 Hz	
Presión total [Pa]	820		Tipo de motor	EC	
RPM [1/min]	2.289				
			El efecto del sistema está considerado en el rendimiento del ventilador		
INFORMACIÓN DEL SISTEMA			Señal de Control (0-10V) 7,91		
Potencia absorbida (Selección) [kW]	9,180				
Potencia específica (Selección) [w/(m3/s)]	1.377		SFP3		
Nivel sonoro. Banda de octavas del ventilador Lw / dB					
Ot. Frq. Hz	63	125	250	500	1000 2000 4000 8000
Aspiración	73,6	73,4	82,0	81,6	79,8 81,7 78,5 76,4
Salida	75,9	76,2	84,6	87,2	93,4 86,9 83,9 78,7
Potencia sonora [dB (A)]	96,0				
Toma de presión en el oído			1	Set	
Recubrimiento epoxy 60 um					
Puerta con bisagras y cierres			Dimensiones [mm] 600,0 x 1.620,0		

	Cliente:	Proyecto Nr.: PRC_0018_18_V2*
	Calle:	Dibujo: CL-01 NoR
	Ciudad:	Posición: CL-01 NoR
	Edificio de proyecto:	Departamento: CL-01 NoR
	Edificio-Calle:	Pieza: 3
Responsable:	Edificio-Ciudad:	Página: 4 / 6
Fecha: 18/07/2018		

Calentamiento		Aire de impulsión		276,0 mm	2,16 m2	147,00 kg	28 Pa
H2O / Glicol							
Caudal [m³/h]	24.000			Fluido		Agua	
Velocidad del aire [m/s]	2,43			Caudal de fluido [l/s]		2,6000	
Aire de entrada [°C]	17,60			Velocidad del fluido [m/s]		1,00	
Aire de salida [°C]	39,95			Fluido de entrada [°C]		82,00	
Potencia [kW]	180,00			Fluido de salida [°C]		65,00	
				Pérdida de carga del fluido [kPa]		13,62	
Perda de pres.del aire [Pa]	28			Volumen Int. [l]		30,200	
Cu-AlPr-FeZn P3012AC 2R-49T-1865A-2.5pa 24C 2" (.11- .35- 1.5)				Materiales:			
Filas	2	Circuitos	24	Aletas		Aluminio	
Separación de aletas [mm]	2,5			Filas		Cobre	
Conexión entrada	DN 50	Conexión salida	DN 50	Colector		Cobre	
Posición de la conexión	Straight, standard			Marco		Galvanizado	
Número de int. Alt/Anch	1 / 1			Protección de la aleta		Epoxy recubierto	


Cálculo del nivel sonoro										
Potencia sonora [dB]										
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	
Aspiración	78,4	78,2	86,8	84,4	80,6	80,5	81,3	77,2	88,3	
Salida	80,7	81,0	89,4	92,0	98,2	91,7	88,7	83,5	100,2	
Carcasa	72,7	64,0	65,4	62,0	68,2	65,7	62,7	54,5	71,9	
Nivel de presión sonora [dB]										
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	Punto de medición 2 m Distancia
Aspiración	64,4	64,2	72,8	70,4	66,6	66,5	67,3	63,2	74,3	
Salida	66,7	67,0	75,4	78,0	84,2	77,7	74,7	69,5	86,2	
Carcasa	58,7	50,0	51,4	48,0	54,2	51,7	48,7	40,5	57,9	
Tolerancia +/- 4 dB										

Aire de extracción							
Definición de la unidad							
Presión externa [Pa]	200	Espesor	Poliuretano		50,0 mm	Largo [mm]	2.552,0
Presión total [Pa]	401	Panel interno	Galvanizado pintado	White	0,50 mm	Ancho [mm]	2.182,0
Class DIN EN 13053	V3	Panel externo	Galvanizado pintado	White	0,50 mm	Altura [mm]	1.732,0
External leakage -400 Pa [%]	0,00	Panel interno (suelo)	Galvanizado pintado	White	0,50 mm	Peso [kg]	~696,00
External leakage +400 Pa [%]	0,00	Perfiles	Aluminio				
Max. Fuga interna [%]	0,00	Mat. Interior	Galvanizado				
Construcción de la unidad	7						

Módulo de aspiración/descarga	Aire de extracción	76,0 mm	0,6 m2	9,00 kg	Pa
-------------------------------	--------------------	----------------	---------------	----------------	-----------

	Cliente:	Proyecto Nr.: PRC_0018_18_V2*
	Calle:	Dibujo: CL-01 NoR
	Ciudad:	Posición: CL-01 NoR
	Edificio de proyecto:	Departamento: CL-01 NoR
	Edificio-Calle:	Pieza: 3
Responsable:	Edificio-Ciudad:	Página: 5 / 6
Fecha: 18/07/2018		

Filtro	Aire de extracción	1.280,0 mm	10,02 m2	227,00 kg	139 Pa
Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	98,0		
Tipo	ECOPLEAT-M6-98	Superficie de filtro [m2]	82,80		
Clase	M6	Celdas Pzs x Tamaño	3 x 290,0 x 592,0		
PdC Limpio [Pa]	77		6 x 592,0 x 592,0		
PdC Diseño [Pa]	138,5				
PdC Sucio [Pa]	200				
Caudal [m³/h]	24.000				
Clasif. energética de filtro	G				
Puerta extraíble		Dimensiones [mm]	600,0 x 1.620,0		
Toma de medición		1	Set		

Plugfan	Aire de extracción	1.110,0 mm	7,64 m2	407,00 kg	Pa			
INFORMACIÓN DEL VENTILADOR			INFORMACIÓN DE MOTOR					
Ventilador	2xK3G560-PC04-01		Motor	2xM3G150NA				
Proveedor	EBM-Papst		Protección	IP54				
Caudal [m³/h]	24.000		Clase de aislamiento	F				
Internal pressure [Pa]	143		Potencia [kW]	2x5,000				
Presión adicional [Pa]			RPM [1/min]	1.760				
Presión externa [Pa]	200		Corriente +-5% [A]	2x7,70				
Presión dinámica [Pa]	58		Eficiencia	89,23				
Presión estática total [Pa]	343 (Sin pérdidas de sistema)		Tensión	3x400 V / 50 Hz				
Presión total [Pa]	401		Tipo de motor	EC				
RPM [1/min]	1.310		El efecto del sistema está considerado en el rendimiento del ventilador					
Eficiencia del ventilador [%]	77,62							
Potencia en el eje [kW]	2x1,722							
INFORMACIÓN DEL SISTEMA			Señal de Control (0-10V) 5,96					
Potencia absorbida (Selección) [kW]	3,980							
Potencia específica (Selección) [w/(m3/s)]	579		SFP2					
Nivel sonoro. Banda de octavas del ventilador Lw / dB								
Ot. Frq. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Aspiración	67,3	76,4	76,9	70,5	73,5	70,8	80,1	63,6
Salida	71,8	79,7	76,6	79,9	78,7	74,6	81,5	66,1
Potencia sonora [dB (A)]	87,2							
Toma de presión en el oído			1	Set				
Recubrimiento epoxy 60 um								
Puerta con bisagras y cierres			Dimensiones [mm]			600,0 x 1.620,0		



	Cliente:	Proyecto Nr.: PRC_0018_18_V2*
	Calle:	Dibujo: CL-01 NoR
	Ciudad:	Posición: CL-01 NoR
	Edificio de proyecto:	Departamento: CL-01 NoR
	Edificio-Calle:	Pieza: 3
Responsable:	Edificio-Ciudad:	Página: 6 / 6
Fecha: 18/07/2018		

Módulo de aspiración/descarga	Aire de extracción	86,0 mm	0,68 m2	53,00 kg	4 Pa
Compuerta:	Dimensiones [mm] 2.070,0 x 1.510,0 x 135,0				
Accionamiento por Cierre	Marco Aluminio				
Ctd. Cierres 1	Lamas Aluminio				
Torque [Nm] 25,620	Tipo DP1				
	Velocidad del aire [m/s] 2,13				
	Pérdida de carga [Pa] 4				

Cálculo del nivel sonoro													
Potencia sonora [dB]													
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]				
Aspiración	70,3	78,4	78,9	71,5	74,5	70,8	78,1	58,6	81,6				
Salida	74,8	82,7	79,6	82,9	81,7	77,6	84,5	69,1	88,4				
Carcasa	66,8	65,7	55,9	52,9	51,7	51,6	58,5	40,1	61,7				
Nivel de presión sonora [dB]													
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	Punto de medición	2 m	Distancia	
Aspiración	56,3	64,4	64,9	57,5	60,5	56,8	64,1	44,6	67,6				
Salida	60,8	68,7	65,6	68,9	67,7	63,6	70,5	55,1	74,4				
Carcasa	52,8	51,7	41,9	38,9	37,7	37,6	44,5	26,1	47,7				
Tolerancia +/- 4 dB													

Bancada	B_140_UPN	Material	Galvanizado	Aislado	No
Agujeros [mm]	40,0	Altura [mm]	140,0	Soldado	No
tejadillo	1Set				
Los filtros, ventiladores, motores, variadores y recuperadores que aparecen en este informe pueden ser reemplazados por marcas equivalentes en función del stock existente y el tiempo de entrega requeridos para esta unidad.					
3 kits de expansión AHUKZ 03 B Midea					
Conexión frigorífica de kits de expansión, unidad exterior y climatizador de bancada única.					
Unidad exterior VRF MV5X615/V2GN1 2 tubos Midea					
Módulos para transporte					
	Nr	Ancho	Altura	Largo	Peso
A confirmar.	1	2.182,0	1.732,0	2.552,0	696,00
A confirmar.	2	2.182,0	1.732,0	3.372,0	919,00
A confirmar.	3	2.182,0	1.732,0	1.132,0	617,00

Anexo IX.- Ficha técnica de la deshumidificadora con recuperador aire-aire

En este anexo se adjunta la ficha técnica de la deshumidificadora con recuperador de calor
fabricada por Evair S.L.



Pedido	PRC_0018_18_V2*
Fecha	08/01/2018
Proyecto	
Posición	CL-01 R

LV-Posición **CL-01 R**
 Cantidad **1**
 Fecha de impr **18/07/2018**
 Colaborador
 Oficina / Conta

Evair
Technical-Commercial Department
Buenos Aires, 8
ES 50198 La Muela (Zaragoza)
Tel.: +34 976 909 868

Versión de Soft. 3.20.136
 Version Date: 07.02.2018
www.evair.es
Info@evair.es

INFORMACIÓN GENERAL

Serie	EV
Ejecución	Exterior
Nivel del mar [m]	550



Densidad del aire [kg/m³]	
Peso total [kg]	1,20
Temp. de diseño exterior (invierno) [°C]	~2.787
Ratio de mezcla (RCA/SUP)	-3,00

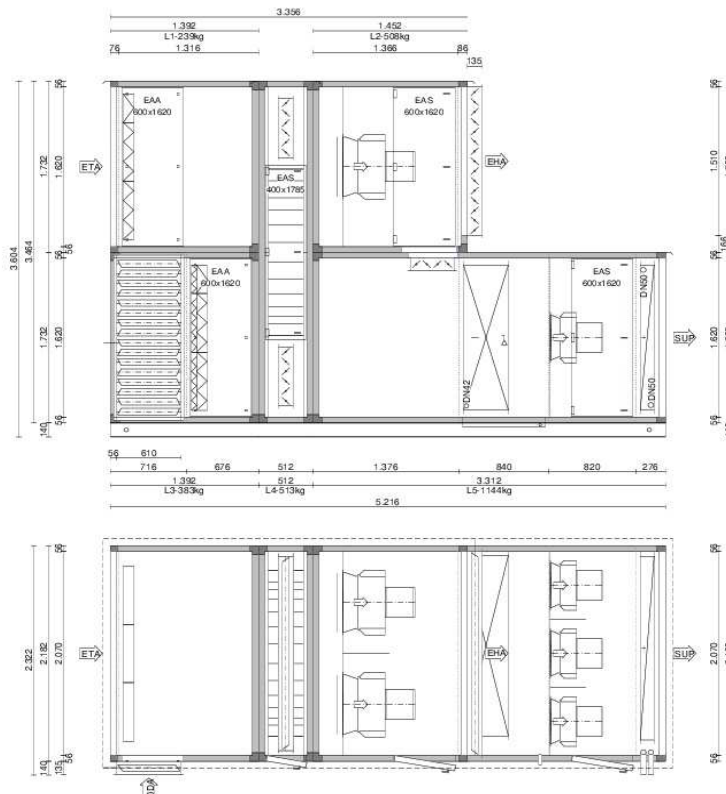
Unidad (Reglamento UE 1253/2014)	46
Tipo de accionamiento	NRVU;BVU Variable Speed

Min./Max. Temperatura-Humedad Relativa [°C-%] -20-0/50-50


Etiquetado energético para condiciones húmedas

	Modelo	Caudal [m³/h]	Velocidad Air [m/s]	Pot. Abs. [kW]
Impulsión	EV 24	24.000	1,99	10,990
Retorno	EV 24	24.000	1,99	5,580

* Según Configuración Base. (Reg. 1253/2014)



La pérdida de carga de filtros en este informe se fija según norma UNE 13053. La pérdida de carga final (mostrada) ha de ser respetada para asegurar el rendimiento y la eficiencia energética de la unidad.

	Cliente:	Proyecto Nr.: PRC_0018_18_V2*
	Calle:	Dibujo: CL-01 R
	Ciudad:	Posición: CL-01 R
	Edificio de proyecto:	Departamento: CL-01 R
	Edificio-Calle:	Pieza: 5
	Edificio-Ciudad:	Página: 2 / 7
Responsable:		
Fecha: 18/07/2018		


Aire de impulsión


Definición de la unidad

Presión externa [Pa]	200	Espesor	Poliuretano	50,0 mm	Largo [mm]	5.216,0
Presión total [Pa]	1.007	Panel interno	Galvanizado pintado	White	Ancho [mm]	2.182,0
Class DIN EN 13053	V3	Panel externo	Galvanizado pintado	White	Altura [mm]	1.732,0
External leakage -400 Pa [%]	0,03	Panel interno (suelo)	Galvanizado pintado	White	Peso [kg]	~2.040,0
External leakage +400 Pa [%]	0,03	Perfiles	Aluminio			
Max. Fuga interna [%]	1,86	Mat. Interior	Galvanizado			
Construcción de la unidad	7					


Módulo de aspiración/descarga	Aire de impulsión	716,0 mm	8,39 m2	212,00 kg	40 Pa
Compuerta:			Dimensiones [mm]	1.620,0 x 610,0 x 135,0	
Accionamiento por	Cierre		Marco	Aluminio	
Ctd. Cierres	1	Velocidad del aire [m/s]	Lamas	Aluminio	
Torque [Nm]	8,050	Pérdida de carga [Pa]	Tipo	DP1	

Compact Filter section with Prefilter	Aire de impulsión	676,0 mm	5,3 m2	171,00 kg	256 Pa
Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	48,0		
Tipo	CAMPLIS-GDA-NV-48	Superficie de filtro [m2]			
Clase	G4	Celdas Pzs x Tamaño	3 x 290,0 x 592,0		
PdC Limpio [Pa]	47		6 x 592,0 x 592,0		
PdC Diseño [Pa]	98,5				
PdC Sucio [Pa]	150				
Caudal [m³/h]	24.000				
Clasif. energética de filtro					

	Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	98,0
	Tipo	ECOPLEAT-F7-98	Superficie de filtro [m2]	82,80
	Clase	F7	Celdas Pzs x Tamaño	3 x 290,0 x 592,0
	PdC Limpio [Pa]	113		6 x 592,0 x 592,0
	PdC Diseño [Pa]	156,5		
	PdC Sucio [Pa]	200		
	Caudal [m³/h]	24.000		
	Extracción de filtro	Lateral		
	Clasif. energética de filtro	G		
Puerta extraíble		Dimensiones [mm]	600,0 x 1.620,0	

	Cliente:	Proyecto Nr.: PRC_0018_18_V2*
	Calle:	Dibujo: CL-01 R
	Ciudad:	Posición: CL-01 R
	Edificio de proyecto:	Departamento: CL-01 R
	Edificio-Calle:	Pieza: 5
Responsable:	Edificio-Ciudad:	Página: 3 / 7
Fecha: 18/07/2018		


Recuperador rotativo		Aire de impulsión		512,0 mm	5,78 m2	513,00 kg	187 Pa
Modelo		RRU-K-E18-1685/1685-1600					
Modo de calentamiento				Modo de enfriamiento			
Impulsión [m³/h]	13.000	Dp [Pa]	148	Impulsión [m³/h]	13.000	Dp [Pa]	187
Entrada [°C]	-3,00	Humed. [%]	89,0	Entrada [°C]	36,20	Humed. [%]	39,0
Salida [°C]	20,40	Humed. [%]	62,0	Salida [°C]	30,10	Humed. [%]	55,0
Aire de extracción [m³/h]	13.000	Dp [Pa]	179	Aire de extracción [m³/h]	13.000	Dp [Pa]	179
Entrada [°C]	28,00	Humed. [%]	65,0	Entrada [°C]	28,00	Humed. [%]	65,0
Salida [°C]	9,20	Humed. [%]	95,0	Salida [°C]	34,10	Humed. [%]	46,0
Capacidad de recup. tot. [kW]			175,05	Capacidad de recup. tot. [kW]			27,14
Capacidad sensible [kW]			103,34	Capacidad sensible [kW]			27,14
Ef. en Temp. Flujo seco balanceado [%]				75,10	RPM rotor [RPM]		
Ef. en Temperatura. EN 308 [%]				75,10	Clase energética		H1
Ef. en temperatura (Calor) [%]				75,4	Regulación		KR2
Ef. en humedad (Calor) [%]				51,7	Potencia Nom. [kW]		0,180
Ef. en temperatura (Frío) [%]				74,9	Corriente nominal [A]		0,60
Ef. en humedad (Frío) [%]					Tensión nominal [V]		3x400
Puerta con bisagras y cierres				Dimensiones [mm]		400,0 x 1.785,0	
Compuerta:				Dimensiones [mm]		1.970,0 x 600,0 x 135,0	
Accionamiento por	Cierre			Marco		Aluminio	
Ctd. Cierres	1	Velocidad del aire [m/s]	3,06	Lamas		Aluminio	
Torque [Nm]	9,750	Pérdida de carga [Pa]	8	Tipo		DP1	
Compuerta:				Dimensiones [mm]		1.970,0 x 600,0 x 135,0	
Accionamiento por	Cierre			Marco		Aluminio	
Ctd. Cierres	1	Velocidad del aire [m/s]	3,06	Lamas		Aluminio	
Torque [Nm]	9,750	Pérdida de carga [Pa]	8	Tipo		DP1	
Los módulos de dimensión superior a 2500 mm serán suministrados en varias secciones							
Módulo vacío		Aire de impulsión		1.376,0 mm	9,82 m2	225,00 kg	79 Pa
Compuerta:				Dimensiones [mm]		1.740,0 x 410,0 x 135,0	
Accionamiento por	Cierre			Marco		Aluminio	
Ctd. Cierres	1	Velocidad del aire [m/s]	9,34	Lamas		Aluminio	
Torque [Nm]	5,740	Pérdida de carga [Pa]	79	Tipo		DP1	

		Cliente: Calle: Ciudad: Edificio de proyecto: Edificio-Calle: Edificio-Ciudad:		Proyecto Nr.: PRC_0018_18_V2* Dibujo: CL-01 R Posición: CL-01 R Departamento: CL-01 R Pieza: 5 Página: 4 / 7	
		Responsable: Fecha: 18/07/2018			

Enfriamiento		Aire de impulsión		840,0 mm	6,57 m2	357,00 kg	99 Pa
Expansión directa				Fluido R410A Temp. de evaporación [°C] 8,00 Super calentamiento [°C] 5,00 Volumen Int. [l] 45,100 SHR 0,55 Conexión entrada [mm] 35 Conexión salida [mm] 42			
Caudal [m³/h]	24.000						
Velocidad del aire [m/s]	2,48						
Aire de entrada [°C]	28,00	Humedad [%]	65,0				
Aire de salida [°C]	19,67	Humedad [%]	89,2				
Capacidad total [kW]	123,56						
Perda de pres.del aire [Pa]	99	Seco [Pa]	45				
Cu-AlPr-FeZn P3012ED 4R-49T-1830A-3.0pa 2x16-1x17C 3x42 mm (.				Materiales:			
Filas	4			Aletas	Aluminio		
Número de circuitos de ref.	3 circuit	No		Filas	Cobre		
Circuitos	49			Colector	Cobre		
Separación de aletas [mm]	3,0			Marco	Galvanizado		
				Protección de la aleta	Epoxy recubierto		
Bandeja de condensados		Calidad		Acero inoxidable 304		Conexión de drenaje 1 0/0"	

Plugfan		Aire de impulsión		820,0 mm	6,42 m2	427,00 kg	Pa
INFORMACIÓN DEL VENTILADOR				INFORMACIÓN DE MOTOR			
Ventilador	3xK3G450-AZ30-01			Motor	3xM3G150IF		
Proveedor	EBM-Papst			Protección	IP54		
Caudal [m³/h]	24.000			Clase de aislamiento	F		
Internal pressure [Pa]	689			Potencia [kW]	3x5,370		
Presión adicional [Pa]				RPM [1/min]	2.750		
Presión externa [Pa]	200			Corriente +-5% [A]	3x8,30		
Presión dinámica [Pa]	118			Eficiencia			
Presión estática total [Pa]	889 (Sin pérdidas de sistema)			Tensión	3x400 V / 50 Hz		
Presión total [Pa]	1.007			Tipo de motor	EC		
RPM [1/min]	2.403						
				El efecto del sistema está considerado en el rendimiento del ventilador			
INFORMACIÓN DEL SISTEMA				Señal de Control (0-10V) 8,31			
Potencia absorbida (Selección) [kW]	10,990						
Potencia específica (Selección) [w/(m3/s)]	1.648 SFP3						
Potencia absorbida (Validación) [kW]	8,840						
Potencia específica (Validación) [w/(m3/s)]	1.326 SFP2						
Nivel sonoro. Banda de octavas del ventilador Lw / dB Ot. Frq. Hz 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 Aspiración 73,6 73,3 83,7 81,7 80,2 81,9 79,3 76,8 Salida 76,5 76,3 86,3 87,6 92,7 87,6 84,7 79,6 Potencia sonora [dB (A)] 96,0							
Toma de presión en el oído				1 Set			
Recubrimiento epoxy 60 um							
Puerta con bisagras y cierres				Dimensiones [mm] 600,0 x 1.620,0			




	Cliente:	Proyecto Nr.: PRC_0018_18_V2*
	Calle:	Dibujo: CL-01 R
	Ciudad:	Posición: CL-01 R
	Edificio de proyecto:	Departamento: CL-01 R
	Edificio-Calle:	Pieza: 5
Responsable:	Edificio-Ciudad:	Página: 5 / 7
Fecha: 18/07/2018		

Calentamiento		Aire de impulsión		276,0 mm	2,16 m2	135,00 kg	28 Pa
H2O / Glicol							
Caudal [m³/h]	24.000			Fluido		Agua	
Velocidad del aire [m/s]	2,43			Caudal de fluido [l/s]		2,6000	
Aire de entrada [°C]	17,60			Velocidad del fluido [m/s]		1,00	
Aire de salida [°C]	39,95			Fluido de entrada [°C]		82,00	
Potencia [kW]	180,00			Fluido de salida [°C]		65,00	
				Pérdida de carga del fluido [kPa]		13,62	
Perda de pres.del aire [Pa]	28			Volumen Int. [l]		30,200	
Cu-AlPr-FeZn P3012AC 2R-49T-1865A-2.5pa 24C 2" (.11- .35- 1.5)				Materiales:			
Filas	2	Circuitos	24	Aletas		Aluminio	
Separación de aletas [mm]	2,5			Filas		Cobre	
Conexión entrada	DN 50	Conexión salida	DN 50	Colector		Cobre	
Posición de la conexión	Straight, standard			Marco		Galvanizado	
Número de int. Alt/Anch	1 / 1			Protección de la aleta		Epoxy recubierto	

Cálculo del nivel sonoro										
Potencia sonora [dB]										
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	
Aspiración	78,4	78,1	88,5	82,5	77,0	74,7	80,1	73,6	86,2	
Salida	81,3	81,1	91,1	92,4	97,5	92,4	89,5	84,4	100,1	
Carcasa	73,3	64,1	67,1	62,4	67,5	66,4	63,5	55,4	72,1	
Nivel de presión sonora [dB]										
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	Punto de medición
Aspiración	64,4	64,1	74,5	68,5	63,0	60,7	66,1	59,6	72,2	2 m
Salida	67,3	67,1	77,1	78,4	83,5	78,4	75,5	70,4	86,1	Distancia
Carcasa	59,3	50,1	53,1	48,4	53,5	52,4	49,5	41,4	58,1	
Tolerancia +/- 4 dB										


Aire de extracción							
Definición de la unidad							
Presión externa [Pa]	200	Espesor	Poliuretano		50,0 mm	Largo [mm]	3.356,0
Presión total [Pa]	580	Panel interno	Galvanizado pintado	White	0,50 mm	Ancho [mm]	2.182,0
Class DIN EN 13053	V3	Panel externo	Galvanizado pintado	White	0,50 mm	Altura [mm]	1.732,0
External leakage -400 Pa [%]	0,03	Panel interno (suelo)	Galvanizado pintado	White	0,50 mm	Peso [kg]	~747,00
External leakage +400 Pa [%]	0,03	Perfiles	Aluminio				
Max. Fuga interna [%]	1,86	Mat. Interior	Galvanizado				
Construcción de la unidad	7						

Módulo de aspiración/descarga	Aire de extracción	76,0 mm	0,6 m2	9,00 kg	Pa
-------------------------------	--------------------	----------------	---------------	----------------	-----------


	Cliente:	Proyecto Nr.: PRC_0018_18_V2*
	Calle:	Dibujo: CL-01 R
	Ciudad:	Posición: CL-01 R
	Edificio de proyecto:	Departamento: CL-01 R
	Edificio-Calle:	Pieza: 5
Responsable:	Edificio-Ciudad:	Página: 6 / 7
Fecha: 18/07/2018		

Filtro		Aire de extracción	1.316,0 mm	10,3 m2	230,00 kg	139 Pa
Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	98,0			
Tipo	ECOPLEAT-M6-98	Superficie de filtro [m2]	82,80			
Clase	M6	Celdas Pzs x Tamaño	3 x 290,0x 592,0			
PdC Limpio [Pa]	77		6 x 592,0x 592,0			
PdC Diseño [Pa]	138,5					
PdC Sucio [Pa]	200					
Caudal [m³/h]	24.000					
Clasif. energética de filtro	G					
Puerta extraíble		Dimensiones [mm]	600,0 x 1.620,0			
Toma de medición		1	Set			

Recuperador rotativo	Aire de extracción	512,0 mm	5,78 m2	513,00 kg	187 Pa
----------------------	--------------------	-----------------	----------------	------------------	---------------

Plugfan	Aire de extracción					1.366,0 mm	9,63 m2	454,00 kg	Pa	
INFORMACIÓN DEL VENTILADOR						INFORMACIÓN DE MOTOR				
Ventilador	2xK3G560-PC04-01					Motor	2xM3G150NA			
Proveedor	EBM-Papst					Protección	IP54			
Caudal [m³/h]	24.000					Clase de aislamiento	F			
Internal pressure [Pa]	322					Potencia [kW]	2x5,000			
Presión adicional [Pa]						RPM [1/min]	1.760			
Presión externa [Pa]	200					Corriente +-5% [A]	2x7,70			
Presión dinámica [Pa]	58					Eficiencia	89,93			
Presión estática total [Pa]	522 (Sin pérdidas de sistema)					Tensión	3x400 V / 50 Hz			
Presión total [Pa]	580					Tipo de motor	EC			
RPM [1/min]	1.430					El efecto del sistema está considerado en el rendimiento del ventilador				
Eficiencia del ventilador [%]	79,45									
Potencia en el eje [kW]	2x2,434									
INFORMACIÓN DEL SISTEMA						Señal de Control (0-10V)	6,66			
Potencia absorbida (Selección) [kW]	5,580									
Potencia específica (Selección) [w/(m3/s)]	812 SFP2									
Potencia absorbida (Validación) [kW]	5,000									
Potencia específica (Validación) [w/(m3/s)]	728 SFP1									
Nivel sonoro. Banda de octavas del ventilador Lw / dB										
Ot. Frq. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Aspiración	64,7	74,7	75,7	70,7	72,9	71,4	78,6	65,8		
Salida	71,1	78,0	76,0	81,1	79,6	75,6	80,2	69,3		
Potencia sonora [dB (A)]	86,9									
Toma de presión en el oído						1	Set			
Recubrimiento epoxy 60 um										
Puerta con bisagras y cierres						Dimensiones [mm]				600,0 x 1.620,0



	Cliente:	Proyecto Nr.: PRC_0018_18_V2*
	Calle:	Dibujo: CL-01 R
	Ciudad:	Posición: CL-01 R
	Edificio de proyecto:	Departamento: CL-01 R
	Edificio-Calle:	Pieza: 5
Responsable:	Edificio-Ciudad:	Página: 7 / 7
Fecha: 18/07/2018		

Módulo de aspiración/descarga	Aire de extracción	86,0 mm	0,68 m2	54,00 kg	4 Pa
Compuerta:			Dimensiones [mm]	2.070,0 x 1.510,0 x 135,0	
Accionamiento por	Cierre		Marco	Aluminio	
Ctd. Cierres	1	Velocidad del aire [m/s] 2,13	Lamas	Aluminio	
Torque [Nm]	25,620	Pérdida de carga [Pa] 4	Tipo	DP1	

Cálculo del nivel sonoro										
Potencia sonora [dB]										
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	
Aspiración	67,7	76,7	77,7	69,7	69,9	65,4	74,6	56,8	78,1	
Salida	74,1	81,0	79,0	84,1	82,6	78,6	83,2	72,3	88,4	
Carcasa	66,1	64,0	55,0	54,1	52,6	52,6	57,2	43,3	61,3	
Nivel de presión sonora [dB]										
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	Punto de medición
Aspiración	53,7	62,7	63,7	55,7	55,9	51,4	60,6	42,8	64,1	2 m
Salida	60,1	67,0	65,0	70,1	68,6	64,6	69,2	58,3	74,4	Distancia
Carcasa	52,1	50,0	41,0	40,1	38,6	38,6	43,2	29,3	47,3	
Tolerancia +/- 4 dB										

Bancada	B_140_UPN	Material	Galvanizado	Aislado	No
Agujeros [mm]	40,0	Altura [mm]	140,0	Soldado	No
tejadillo		1 Set			
Los filtros, ventiladores, motores, variadores y recuperadores que aparecen en este informe pueden ser reemplazados por marcas equivalentes en función del stock existente y el tiempo de entrega requeridos para esta unidad.					
3 kits de expansión AHUKZ 03 B Midea					
Conexión frigorífica de kits de expansión, unidad exterior y climatizador de bancada única.					
Unidad exterior VRF MV5X615/V2GN1 2 tubos Midea					
Módulos para transporte					
	Nr	Ancho	Altura	Largo	Peso
A confirmar.	1	2.182,0	1.732,0	1.392,0	239,00
A confirmar.	2	2.182,0	1.732,0	1.452,0	508,00
A confirmar.	3	2.182,0	1.732,0	1.392,0	383,00
A confirmar.	4	2.182,0	3.464,0	512,0	513,00
A confirmar.	5	2.182,0	1.732,0	3.312,0	1.144,00

Anexo X.- Consideraciones de cálculo en el consumo de la VRF

El consumo de las unidades exteriores ha sido proporcionado por Evair S.L. Este cálculo se ha realizado empleando la herramienta en VBA propuesta en [42].

Las condiciones meteorológicas supuestas se corresponden con la ubicación de Zaragoza. Estos datos han sido tomados de la base de datos Energy Plus [57].

A continuación, se muestran las características del local y las características de los equipos analizados.

Tabla 23. Condiciones generales del local

CONDICIONES LOCAL	CARACTERÍSTICAS PSICOMÉTRICAS		
	Temperatura seca (°C)	28	°C
	Humedad relativa (%)	65	%
	Altura sobre el nivel del mar	243,00	msnm
	OCUPACIÓN Y PRODUCCIÓN DE VAPOR		
	Número de espectadores	455	pers.
	Superficie de lámina de agua	447	m ²
	Prod. Vapor	77	kg/ h
	HORARIO DE APERTURA		
	Cierre nocturno?	Sí	Sí /No
	Hora apertura	8	horas
	Hora cierre	20	horas

Tabla 24. Cerramientos del local

CERRAMIENTOS	Superficie (m ²)	Coef. Trans.(W/m ² ·°C)
Pared al exterior	404	0,35
Pared a otro local con temp. diferente	536	0,40
Cristalera exterior	132	1,30
Cristalera otro lugar	0	1,30
Suelo	1.080	0,25
Cubierta	1.080	0,40
Techo a otro local	0	0,25
Orientación radiación más desarrollada	Norte	

Tabla 25. Características equipo versión con aire-aire

CARACTERÍSTICAS EQUIPO	AIRE DE IMPULSIÓN		
	Caudal aire impulsión	24.000	m ³ /h
	Caudal másico impulsión	30.978	kg/h
	RECUPERACIÓN DE ENERGÍA		
	Caudal recuperador	24.000	m ³ /h
	Caudal másico recuperador	30.978	kg/h
	Eficiencia del recuperador (EN308)	75,10	%
	AIRE EXTERIOR NO RECUPERADO		
	Caudal ODA no recuperado	0	m ³ /h
	Caudal másico ODA no recuperado	0	kg/h
	BATERÍA PARA DESHUMECTACIÓN MECÁNICA		
	Temperatura del fluido	8	°C
	RECIRCULACIÓN DE AIRE		
	¿Diurna si deshumectación mecánica?	Sí	Sí /No
	¿Nocturna?	Sí	Sí /No

Tabla 26. Características equipo versión sin aire-aire

CARACTERÍSTICAS EQUIPO	AIRE DE IMPULSIÓN		
	Caudal aire impulsión	24.000	m ³ /h
	Caudal másico impulsión	30.978	kg/h
	RECUPERACIÓN DE ENERGÍA		
	Caudal recuperador	24.000	m ³ /h
	Caudal másico recuperador	30.978	kg/h
	Eficiencia del recuperador (EN308)	0	%
	AIRE EXTERIOR NO RECUPERADO		
	Caudal ODA no recuperado	0	m ³ /h
	Caudal másico ODA no recuperado	0	kg/h
	BATERÍA PARA DESHUMECTACIÓN MECÁNICA		
	Temperatura del fluido	8	°C
	RECIRCULACIÓN DE AIRE		
	¿Diurna si deshumectación mecánica?	Sí	Sí /No
	¿Nocturna?	Sí	Sí /No

Anexo XI.- Resultados del ACV de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire

En este anexo se adjuntan las tablas del ACV de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire con los resultados de los impactos valorados por componentes, fases del ciclo de vida y recursos empleados.

Tabla 27. Resultados de impactos ambientales según componentes de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire

	GWP (kg CO ₂ eq.)	HT (CTUh)	AP (moles H ⁺ eq.)	EPFW (kg P eq.)	EPSW (kg N eq.)	EPT (moles N eq.)	IRE (CTUe * m ³ * time)	IRH (kg U ²³⁵ eq.)	LU (kg C/ m ² *año)	OD (kg CFC-11 eq.)	POCP (kg C ₂ H ₄ eq.)	WSI (m3)	RD (kg Sb eq.)	PM (kg PM2.5 eq.)
Bancada	3,93E+00	5,42E-04	3,79E+03	6,02E-04	5,40E-01	5,92E+00	3,49E-04	4,11E+01	0,00E+00	2,12E-02	4,46E+00	1,36E+03	0,00E+00	1,21E-01
Batería de calentamiento	2,39E+00	5,53E-04	2,71E+03	1,43E-04	2,90E-01	3,16E+00	3,26E-04	3,88E+01	-1,01E-01	2,15E-02	2,26E+00	1,65E+04	0,00E+00	7,81E-02
Batería de enfriamiento	5,60E+00	1,29E-03	6,35E+03	3,41E-04	6,82E-01	7,42E+00	7,62E-04	9,07E+01	-2,34E-01	5,02E-02	5,32E+00	3,83E+04	0,00E+00	1,83E-01
Envolvente	4,72E+00	7,64E-04	5,54E+03	8,91E-05	5,14E-01	5,59E+00	8,23E-04	9,70E+01	0,00E+00	4,21E-02	3,80E+00	-5,41E+03	0,00E+00	1,61E-01
Espuma de poliuretano	5,48E+01	1,59E-05	1,20E+03	9,73E-03	7,51E-02	1,65E-01	4,45E-06	9,57E+01	0,00E+00	4,01E-02	1,31E+01	2,57E+02	0,00E+00	2,80E-04
Filtro compacto + prefiltro	1,43E+01	7,68E-04	1,34E+04	1,12E-02	1,96E+00	2,14E+01	4,22E-04	4,97E+01	0,00E+00	2,83E-02	3,90E+01	1,16E+06	0,00E+00	4,43E-01
Filtro extracción	1,03E+01	1,41E-03	9,75E+03	1,29E-02	1,49E+00	1,64E+01	3,38E-03	1,06E+02	0,00E+00	5,74E-02	1,14E+01	7,03E+02	0,00E+00	3,07E-01
Instalación de control	6,68E+01	6,64E-03	7,39E+04	2,49E-04	7,80E+00	8,54E+01	9,79E-03	1,48E+03	-7,65E+01	1,40E+00	6,88E+01	6,64E+06	0,00E+00	2,22E+00
Módulo de aspiración (AE)	5,52E-02	7,60E-06	5,32E+01	8,44E-06	7,58E-03	8,32E-02	4,89E-06	5,76E-01	0,00E+00	2,98E-04	6,25E-02	1,91E+01	0,00E+00	1,70E-03
Módulo de aspiración (AI)	1,51E+00	2,19E-04	1,55E+03	1,73E-04	1,96E-01	2,14E+00	1,71E-04	2,02E+01	0,00E+00	9,69E-03	1,57E+00	-1,23E+02	0,00E+00	4,81E-02
Módulo descarga	1,24E+00	2,00E-04	1,45E+03	3,20E-05	1,37E-01	1,49E+00	2,11E-04	2,49E+01	0,00E+00	1,09E-02	1,02E+00	-1,33E+03	0,00E+00	4,23E-02
Módulo vacío	9,51E-01	1,39E-04	9,88E+02	1,00E-04	1,21E-01	1,32E+00	1,13E-04	1,33E+01	0,00E+00	6,32E-03	9,66E-01	-1,75E+02	0,00E+00	3,04E-02
Refrigerante	0,00E+00	0,00E+00	7,10E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Tejadillo	2,38E+00	3,27E-04	2,29E+03	3,63E-04	3,26E-01	3,58E+00	2,11E-04	2,48E+01	0,00E+00	1,28E-02	2,69E+00	8,24E+02	0,00E+00	7,32E-02
Unidad exterior VRF	6,94E+03	6,89E-01	7,66E+06	2,59E-02	8,12E+02	8,89E+03	1,01E+00	1,53E+05	-7,93E+03	1,45E+02	7,14E+03	6,88E+08	0,00E+00	2,30E+02
Ventiladores (AE)	2,02E+03	2,01E-01	2,24E+06	7,91E-03	2,36E+02	2,59E+03	2,96E-01	4,48E+04	-2,31E+03	4,22E+01	2,08E+03	2,01E+08	0,00E+00	6,72E+01
Ventiladores (AI)	4,67E+03	4,64E-01	5,15E+06	1,77E-02	5,45E+02	5,96E+03	6,83E-01	1,03E+05	-5,34E+03	9,74E+01	4,80E+03	4,63E+08	0,00E+00	1,55E+02
Total general	1,38E+04	1,37E+00	1,52E+07	8,75E-02	1,61E+03	1,76E+04	2,01E+00	3,03E+05	-1,57E+04	2,86E+02	1,42E+04	1,36E+09	0,00E+00	4,56E+02

Tabla 28. Resultados de impactos ambientales según fases del ciclo de vida de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire

	GWP (kg CO ₂ eq.)	HT (CTUh)	AP (moles H ⁺ eq.)	EPFW (kg P eq.)	EPSW (kg N eq.)	EPT (moles N eq.)	IRE (CTUe * m ³ * time)	IRH (kg U ₂₃₅ eq.)	LU (kg C/ m ² *año)	OD (kg CFC-11 eq.)	POCP (kg C ₂ H ₄ eq.)	WSI (m3)	RD (kg Sb eq.)	PM (kg PM2.5 eq.)
DATOS EXTERNOS	5,48E+01	0,00E+00	7,13E+04	0,00E+00	5,99E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,12E-06	1,30E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
FIN DE VIDA	5,64E-01	1,63E-04	1,33E+03	2,99E-02	1,38E-01	1,39E+00	2,82E-05	9,85E+01	0,00E+00	4,56E-02	1,02E+00	-3,23E+03	0,00E+00	1,24E-02
PRODUCCIÓN	4,17E+01	5,72E-03	3,69E+04	3,06E-03	7,17E+00	7,86E+01	3,98E-03	4,64E+02	-3,35E-01	2,60E-01	4,20E+01	8,39E+04	0,00E+00	1,12E+00
USO Y MANTENIMIENTO	1,37E+04	1,36E+00	1,51E+07	5,45E-02	1,60E+03	1,75E+04	2,01E+00	3,03E+05	-1,57E+04	2,86E+02	1,41E+04	1,36E+09	0,00E+00	4,55E+02
Total general	1,38E+04	1,37E+00	1,52E+07	8,75E-02	1,61E+03	1,76E+04	2,01E+00	3,03E+05	-1,57E+04	2,86E+02	1,42E+04	1,36E+09	0,00E+00	4,56E+02

Tabla 29. Resultados de impactos ambientales según recursos empleados en el ciclo de vida de la deshumidificadora sin recuperador aire-aire

	GWP (kg CO ₂ eq.)	HT (CTUh)	AP (moles H ⁺ eq.)	EPFW (kg P eq.)	EPSW (kg N eq.)	EPT (moles N eq.)	IRE (CTUe * m ³ * time)	IRH (kg U ₂₃₅ eq.)	LU (kg C/ m ² *año)	OD (kg CFC-11 eq.)	POCP (kg C ₂ H ₄ eq.)	WSI (m3)	RD (kg Sb eq.)	PM (kg PM2.5 eq.)
DATO EXTERNO - AP	5,48E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
ENERGÍA	1,37E+04	1,36E+00	1,51E+07	5,10E-02	1,60E+03	1,75E+04	2,00E+00	3,03E+05	-1,57E+04	2,86E+02	1,41E+04	1,36E+09	0,00E+00	4,54E+02
DATO EXTERNO - EPSW	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,99E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
FIN DE VIDA	5,64E-01	1,63E-04	1,33E+03	2,99E-02	1,38E-01	1,39E+00	2,82E-05	9,85E+01	0,00E+00	4,56E-02	1,02E+00	-3,23E+03	0,00E+00	1,24E-02
DATO EXTERNO - GWP	0,00E+00	0,00E+00	7,13E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MATERIALES	5,11E+01	6,89E-03	5,21E+04	6,54E-03	6,53E+00	7,15E+01	7,29E-03	5,66E+02	0,00E+00	2,78E-01	7,62E+01	1,19E+06	0,00E+00	1,63E+00
DATO EXTERNO - OD	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,12E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
OTROS	5,78E-01	3,78E-05	3,66E+02	7,38E-06	1,88E-01	2,06E+00	1,09E-06	1,29E-01	0,00E+00	3,57E-03	6,17E-01	-1,65E+01	0,00E+00	5,37E-03
DATO EXTERNO - POCP	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,30E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TRANSPORTE	1,04E+01	3,42E-04	3,36E+03	6,67E-05	3,33E+00	3,64E+01	9,89E-06	1,17E+00	0,00E+00	3,23E-02	1,03E+01	-1,49E+02	0,00E+00	1,00E-01
Total general	1,38E+04	1,37E+00	1,52E+07	8,75E-02	1,61E+03	1,76E+04	2,01E+00	3,03E+05	-1,57E+04	2,86E+02	1,42E+04	1,36E+09	0,00E+00	4,56E+02

Anexo XII.- Resultados del ACV de la deshumidificadora con recuperador aire-aire

En este anexo se adjuntan las tablas del ACV de la deshumidificadora con recuperador aire-aire con los resultados de los impactos valorados por componentes, fases del ciclo de vida y recursos empleados.

Tabla 30. Resultados de impactos ambientales según componentes de la deshumidificadora con recuperador aire-aire

	GWP (kg CO ₂ eq.)	HT (CTUh)	AP (moles H ⁺ eq.)	EPFW (kg P eq.)	EPSW (kg N eq.)	EPT (moles N eq.)	IRE (CTUe * m ³ * time)	IRH (kg U ²³⁵ eq.)	LU (kg C/ m ² *año)	OD (kg CFC-11 eq.)	POCP (kg C ₂ H ₄ eq.)	WSI (m3)	RD (kg Sb eq.)	PM (kg PM2.5 eq.)
Bancada	5,08E+00	7,00E-04	4,90E+03	7,78E-04	6,98E-01	7,66E+00	4,51E-04	5,31E+01	0,00E+00	2,74E-02	5,76E+00	1,76E+03	0,00E+00	1,57E-01
Batería de calentamiento	2,39E+00	5,53E-04	2,71E+03	1,43E-04	2,90E-01	3,16E+00	3,26E-04	3,88E+01	-1,01E-01	2,15E-02	2,26E+00	1,65E+04	0,00E+00	7,81E-02
Batería de enfriamiento	5,57E+00	1,29E-03	6,32E+03	3,37E-04	6,78E-01	7,38E+00	7,60E-04	9,04E+01	-2,34E-01	5,01E-02	5,29E+00	3,83E+04	0,00E+00	1,82E-01
Envolvente	6,52E+00	1,06E-03	7,65E+03	1,23E-04	7,11E-01	7,72E+00	1,14E-03	1,34E+02	0,00E+00	5,82E-02	5,25E+00	-7,48E+03	0,00E+00	2,23E-01
Espuma de poliuretano	6,54E+01	1,89E-05	1,44E+03	8,30E-02	1,81E-02	1,97E-01	5,30E-06	1,14E+02	0,00E+00	4,78E-02	1,56E+01	3,06E+02	0,00E+00	3,33E-04
Filtro (AI)	1,44E+01	7,72E-04	1,35E+04	1,12E-02	1,96E+00	2,14E+01	4,25E-04	5,00E+01	0,00E+00	2,84E-02	3,90E+01	1,16E+06	0,00E+00	4,44E-01
Filtro extracción	1,03E+01	1,42E-03	9,77E+03	1,29E-02	1,49E+00	1,64E+01	3,38E-03	1,06E+02	0,00E+00	5,75E-02	1,14E+01	7,11E+02	0,00E+00	3,08E-01
Instalación de control	3,04E+01	9,12E-03	6,07E+04	3,16E-04	6,72E+00	7,37E+01	6,72E-03	1,01E+03	-1,17E+02	1,82E-01	4,88E+01	2,01E+07	0,00E+00	6,49E-01
Módulo de aspiración (AE)	5,52E-02	7,60E-06	5,32E+01	8,44E-06	7,58E-03	8,32E-02	4,89E-06	5,76E-01	0,00E+00	2,98E-04	6,25E-02	1,91E+01	0,00E+00	1,70E-03
Módulo de aspiración (AI)	1,51E+00	2,19E-04	1,55E+03	1,73E-04	1,96E-01	2,14E+00	1,71E-04	2,02E+01	0,00E+00	9,69E-03	1,57E+00	-1,23E+02	0,00E+00	4,81E-02
Módulo de descarga	1,24E+00	2,00E-04	1,45E+03	3,20E-05	1,37E-01	1,49E+00	2,11E-04	2,49E+01	0,00E+00	1,09E-02	1,02E+00	-1,33E+03	0,00E+00	4,23E-02
Módulo vacío	1,12E+00	1,62E-04	1,15E+03	1,26E-04	1,44E-01	1,58E+00	1,28E-04	1,51E+01	0,00E+00	7,24E-03	1,16E+00	-1,16E+02	0,00E+00	3,57E-02
Recuperador aire-aire	1,71E-01	8,28E-04	7,59E+04	5,18E-05	1,47E-01	3,85E+00	4,98E-01	1,07E+06	-5,30E+01	6,97E+00	3,33E+01	5,56E+03	0,00E+00	1,82E-03
Refrigerante	0,00E+00	0,00E+00	7,10E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Tejadillo	2,29E+00	3,15E-04	2,21E+03	3,50E-04	3,14E-01	3,45E+00	2,03E-04	2,39E+01	0,00E+00	1,23E-02	2,59E+00	7,93E+02	0,00E+00	7,06E-02
Unidad exterior VRF	3,83E+03	3,80E-01	4,22E+06	1,43E-02	4,49E+02	4,91E+03	5,59E-01	8,44E+04	-4,37E+03	7,97E+01	3,94E+03	3,79E+08	0,00E+00	1,27E+02
Ventiladores (AE)	1,03E+03	3,08E-01	2,05E+06	1,11E-02	2,27E+02	2,49E+03	2,26E-01	3,42E+04	-3,95E+03	6,14E+00	1,65E+03	6,77E+08	0,00E+00	2,19E+01
Ventiladores (AI)	5,58E+03	5,55E-01	6,17E+06	2,11E-02	6,52E+02	7,14E+03	8,18E-01	1,24E+05	-6,39E+03	1,17E+02	5,75E+03	5,54E+08	0,00E+00	1,85E+02
Total general	1,06E+04	1,26E+00	1,27E+07	1,56E-01	1,34E+03	1,47E+04	2,12E+00	1,32E+06	-1,49E+04	2,10E+02	1,15E+04	1,63E+09	0,00E+00	3,36E+02

Tabla 31. Resultados de impactos ambientales según fases del ciclo de vida de la deshumidificadora con recuperador aire-aire

	GWP (kg CO ₂ eq.)	HT (CTUh)	AP (moles H ⁺ eq.)	EPFW (kg P eq.)	EPSW (kg N eq.)	EPT (moles N eq.)	IRE (CTUe * m ³ * time)	IRH (kg U ₂₃₅ eq.)	LU (kg C/ m ² *año)	OD (kg CFC-11 eq.)	POCP (kg C ₂ H ₄ eq.)	WSI (m3)	RD (kg Sb eq.)	PM (kg PM2.5 eq.)
DATOS EXTERNOS	6,54E+01	0,00E+00	7,14E+04	7,14E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-05	1,55E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
FIN DE VIDA	5,85E-01	1,69E-04	1,57E+03	3,17E-02	1,85E-01	4,22E+00	3,31E-04	7,46E+02	0,00E+00	5,89E-02	1,09E+00	-3,21E+03	0,00E+00	1,26E-02
PRODUCCIÓN	4,51E+01	6,33E-03	1,14E+05	3,36E-03	7,65E+00	8,38E+01	1,11E-01	6,58E+05	-3,35E-01	7,25E+00	6,60E+01	8,80E+04	0,00E+00	1,23E+00
USO Y MANTENIMIENTO	1,05E+04	1,25E+00	1,25E+07	4,95E-02	1,33E+03	1,46E+04	2,00E+00	6,57E+05	-1,49E+04	2,03E+02	1,14E+04	1,63E+09	0,00E+00	3,35E+02
Total general	1,06E+04	1,26E+00	1,27E+07	1,56E-01	1,34E+03	1,47E+04	2,12E+00	1,32E+06	-1,49E+04	2,10E+02	1,15E+04	1,63E+09	0,00E+00	3,36E+02

Tabla 32. Resultados de impactos ambientales según recursos empleados en la deshumidificadora con recuperador aire-aire

	GWP (kg CO ₂ eq.)	HT (CTUh)	AP (moles H ⁺ eq.)	EPFW (kg P eq.)	EPSW (kg N eq.)	EPT (moles N eq.)	IRE (CTUe * m ³ * time)	IRH (kg U ²³⁵ eq.)	LU (kg C/ m ² *año)	OD (kg CFC-11 eq.)	POCP (kg C ₂ H ₄ eq.)	WSI (m3)	RD (kg Sb eq.)	PM (kg PM2.5 eq.)
DATOS EXTERNOS - AP	6,54E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
ENERGÍA	1,05E+04	1,25E+00	1,25E+07	4,60E-02	1,33E+03	1,46E+04	2,00E+00	6,57E+05	-1,49E+04	2,03E+02	1,14E+04	1,63E+09	0,00E+00	3,35E+02
DATOS EXTERNOS - EPSW	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,14E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
FIN DE VIDA	5,85E-01	1,69E-04	1,57E+03	3,17E-02	1,85E-01	4,22E+00	3,31E-04	7,46E+02	0,00E+00	5,89E-02	1,09E+00	-3,21E+03	0,00E+00	1,26E-02
DATOS EXTERNOS - GWP	0,00E+00	0,00E+00	7,14E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
MATERIALES	5,45E+01	7,49E-03	1,29E+05	6,83E-03	7,00E+00	7,66E+01	1,12E-01	6,57E+05	0,00E+00	7,27E+00	1,00E+02	1,19E+06	0,00E+00	1,74E+00
DATOS EXTERNOS - OD	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
OTROS	5,78E-01	3,78E-05	3,66E+02	7,38E-06	1,88E-01	2,06E+00	1,09E-06	1,29E-01	0,00E+00	3,57E-03	6,17E-01	-1,65E+01	0,00E+00	5,37E-03
DATOS EXTERNOS - POCP	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,55E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TRANSPORTE	1,04E+01	3,43E-04	3,40E+03	7,39E-05	3,33E+00	3,65E+01	2,27E-03	6,45E+02	0,00E+00	3,54E-02	1,06E+01	6,19E+02	0,00E+00	1,00E-01
Total general	1,06E+04	1,26E+00	1,27E+07	1,56E-01	1,34E+03	1,47E+04	2,12E+00	1,32E+06	-1,49E+04	2,10E+02	1,15E+04	1,63E+09	0,00E+00	3,36E+02